



## **Novos adubos na produção de ervilha**

**Nuno Miguel Martins Botelho**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agrónómica, Ramo Hortofruticultura e Viticultura**

Orientadora: Professora Doutora Maria Odete Pereira Torres

Co-Orientador: Professor Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos

### **Júri:**

Presidente: Doutora Cristina Maria Moniz Simões de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutor Ernesto José de Melo Pestana de Vasconcelos, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor João Carlos da Silva Dias, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutora Maria Odete Pereira Torres, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Artur José Guerra Amaral, Professor Adjunto da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém

Lisboa, 2012

«Vede! Entrego-vos todas as ervas  
que produzem semente e estão  
sobre a Terra, e todas as árvores  
em que há frutos que dão semente:  
tudo isso será alimento para vós».

Gn 1,29

À Carolina, à Francisca e à Susana



## AGRADECIMENTOS

Ao terminar esta dissertação de mestrado, atinjo uma importante etapa da minha vida, durante a qual aprendi muito, tanto a nível profissional como pessoal. Tal não teria sido possível sem a ajuda e apoio de muitas pessoas, que agradeço profundamente, entre as quais não poderia deixar de referir:

A Professora Doutora Maria Odete Torres, como orientadora, que de qualquer forma nunca se negou e antes facilitou e auxiliou todo o estágio e a realização desta dissertação. Acima de tudo realço o seu grande número de conhecimentos científicos, conduta profissional que transmitiu e um enorme empenhamento numa aprendizagem impar e contínua;

O Professor Doutor Ernesto Vasconcelos, como co-orientador, que me ajudou na realização do estágio, e por todos os conhecimentos e nomeadamente pela postura prático-científica que possui;

A Professora Doutora Ana Paula Ambrósio, que desde o primeiro momento me ajudou na elaboração da análise estatística;

O Mestre Miguel Martins, pela realização das análises laboratoriais do material terroso, água e grão de ervilha.

O Eng.º António Manso, director fabril da Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., que me proporcionou a realização do estágio;

O Eng.º João Castro Pinto, do desenvolvimento agronómico da ADP-Fertilizantes, S.A., pelo fornecimento das formulações fertilizantes.

O Eng.º Abílio Pereira, responsável pela Sociedade Agrícola Barracão do Duque, S.A., que me proporcionou a realização dos ensaios e recolhas de dados;

Os meus colegas do Departamento Agrícola da Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., Eng.<sup>os</sup> Nuno Navalho, Rogério Pego e Nuno Brás, pela ajuda prestada e compreensão pelas minhas ausências;

Às minhas filhas Carolina e Francisca, ao meu filho Bernardo e ao meu irmão Pedro, que se viram privados de partilharmos muitos momentos, possibilitando-me assim o atingir desta etapa;

A minha mulher Susana, que me acompanhou e ajudou nas horas mais difíceis durante todo este percurso e em todos estes anos;

O meu Pai e à minha Mãe, que me acompanharam e ajudaram ao longo de toda a vida, pela educação, valores e postura que sempre me inculcaram;

Os meus amigos e os meus colegas, que estiveram sempre presentes ao longo da minha vida.

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado num campo de ervilha de um dos produtores da Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., em colaboração com o Departamento de Ciências e Engenharia dos Biosistemas (DCEB) do Instituto Superior de Agronomia e a ADP-Fertilizantes, S.A.

O estudo pretendeu avaliar o efeito de quatro tratamentos experimentais, a testemunha sem fertilização, e três formulações fertilizantes - NPK (20 kg de N, 51,4 kg de  $P_2O_5$  e 77 kg de  $K_2O$  por hectare), NPK+ PGA (um regulador nutricional vegetal, que tem como componente principal o ácido poli- $\gamma$ -glutâmico, contendo também fitohormonas) e NPK+ Algin (alginato de sódio) -, na produção comercial de grão de ervilha, no grau tenderométrico (GT) e na % de sólidos insolúveis no álcool (AIS) do grão.

A análise estatística revelou não existirem diferenças significativas entre tratamentos e entre blocos. No entanto, o tratamento NPK + Algin conduziu a uma maior produção. O tratamento NPK + PGA apresentou a melhor qualidade do grão e valorização ao produtor. Nos tratamentos com os biofertilizantes e/ou bioestimulantes a produção de ervilha foi mais regular e homogénea. Os tratamentos testemunha e NPK apresentaram os mais elevados níveis de nutrientes no grão de ervilha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ervilha (*Pisum sativum* L.), biofertilizantes e/ou bioestimulantes, ácido poli- $\gamma$ -glutâmico, alginato de sódio, grau tenderométrico (GT), % de sólidos insolúveis no álcool (AIS)

## ABSTRACT

The present study was conducted in one of the pea producers of Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., in collaboration with the Department of Science and Biosystems Engineering (DCEB) of the Instituto Superior of Agronomia and ADP-Fertilizantes, S.A.

The study aimed at evaluating the effect on commercial production and quality of pea, of four experimental treatments, the control without fertilization, and three fertilizer formulations - NPK (20 kg N, 51.4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 77 kg K<sub>2</sub>O per hectare), NPK + PGA (poly-γ-glutamic acid and phytohormones) and NPK + Algin (sodium alginate) on commercial production, tenderometric degree (TR) and alcohol insoluble solids (AIS) of garden pea.

Statistical analysis revealed no significant differences between treatments and between blocks. However, NPK + Algin led to higher production. NPK + PGA led to the best quality of grain and value to the producer. Treatments with bio-fertilizers and/or biostimulants allowed more regular and homogeneous pea production. The control and NPK showed the highest levels of nutrients in pea.

**KEYWORDS:** Pea (*Pisum sativum* L.), biofertilizers and/or biostimulators, poly-γ-glutamic acid, sodium alginate, tenderometric degree (TR), alcohol insoluble solids (AIS)

## EXTENDED ABSTRACT

Biofertilizers and/or Biostimulants are defined as materials, which promote plant growth and development when applied in small or minimal quantities, being also referred as metabolic enhancers.

The main role of these materials is to improve the efficiency of plant nutrient uptake allowing for the decrease in the need of chemical fertilizers, leaching and run-off of nutrients and eventually the overall environmental impact of fertilizer salts. The referred advantages contributed for the increase research aiming at developing new biofertilizers and/or biostimulants using naturally occurring materials.

Furthermore, new polymeric matrixes were developed for coating and/or encapsulating of fertilizer formulations, intending the sustainable release of plant nutrients in soil. Poly- $\gamma$ -glutamic acid ( $\gamma$ -PGA), produced by different strains of *Bacillus* spp. and sodium alginate, extracted from brown seaweed, are examples of the most used biopolymers in fertilizer industry.

The present study was conducted in one of the pea producers of Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., in collaboration with the Department of Science and Biosystems Engineering (DCEB) of the Instituto Superior of Agronomia and ADP-Fertilizantes, S.A.

The study aimed at evaluating the effect on commercial production and quality of pea, of four experimental treatments, the control without fertilization, and three fertilizer formulations - NPK (20 kg N, 51.4 kg  $P_2O_5$  and 77 kg  $K_2O$  per hectare), NPK + PGA (poly- $\gamma$ -glutamic acid and phytohormones) and NPK + Algin (sodium alginate) on commercial production, tenderometric degree (TR) and alcohol insoluble solids (AIS) of pea.

The field experiment was located in Golegã at a modern Luvisols (alluvium of the Tejo). The experiment was designed in randomized complete block. The experimental design was composed of four blocks, with four treatments each, applied to plots of 6,0 m<sup>2</sup>.

The results obtained revealed no significant differences between experimental treatments and between blocks. However, NPK + Algin led to higher production. NPK + PGA led to the best grain quality and value to the producer. Treatments with bio-fertilizers and/or biostimulators allowed more regular and homogeneous pea production. The control and NPK showed the highest levels of nutrients in pea.

Regarding the tenderometric degree (TR) and % alcohol insoluble solids (AIS) of pea, the experimental results showed no statistical differences between treatments. However there were significant differences between blocks. These differences may be due to the soil texture and the preceding crop, maize or potato, leading to different degrees of infection of anthracnose (*Ascochyta blight*). The incidence of the fungal in blocks 1 and 2 was less intense than in blocks 3 and 4. So, the combination of the mentioned two factors (soil texture, and intensity of disease) promoted the evolution of the tenderometric degree and AIS.

Sodium alginate seems to have met the objectives of modifying the characteristics of granules of NPK fertilizer allowing a more sustained release of nitrogen, phosphorus and potassium with both

economical and environmental benefits. The later is of particular interest in the region of garden pea production since the risks of nitrated leaching is high.

Poly- $\gamma$ -glutamic acid showed a positive performance in relation to quality and value of pea.

## ÍNDICE

|  | <i>Pág.</i> |
|--|-------------|
| AGRADECIMENTOS   | II          |
| RESUMO   | III         |
| ABSTRACT   | IV          |
| EXTENDED ABSTRACT  | V           |
| ÍNDICE   | VII         |
| LISTA DE QUADROS   | IX          |
| LISTA DE FIGURAS   | X           |
| LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS   | XI          |
| <br>   |             |
| 1. INTRODUÇÃO  | 1           |
| <br>   |             |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA   | 3           |
| 2.1. Classificação botânica e morfológica                              | 3           |
| 2.2. Caracterização da cultura   | 5           |
| 2.2.1. Exigências edafo-climáticas                                     | 5           |
| 2.2.2. Caracterização varietal   | 6           |
| 2.2.3. Principais aspectos da técnica cultural                         | 6           |
| 2.2.3.1. Rotações  | 6           |
| 2.2.3.2. Preparação do terreno   | 7           |
| 2.2.3.3. Sementeira  | 7           |
| 2.2.3.4. Rega  | 7           |
| 2.2.3.5. Colheita  | 8           |
| 2.3. Utilizações e composição da ervilha                               | 9           |
| 2.4. Importância económica da ervilha                                  | 10          |
| 2.5. Evolução da cultura da ervilha em Portugal                        | 11          |
| 2.6. Fertilização da cultura da ervilha                                | 13          |
| 2.7. Bioestimulantes   | 14          |
| 2.7.1. Ácido poli- $\gamma$ -glutâmico ( $\gamma$ -PGA)                | 15          |
| 2.7.2. Alginatos (Algin)   | 17          |
| <br>   |             |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS  | 23          |
| 3.1. Descrição do programa de trabalho                                 | 23          |
| 3.2. Caracterização da região onde foi conduzido o ensaio experimental | 25          |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.1. Caracterização edafo-climática  | 25 |
| 3.2.1.1. Caracterização do solo  | 25 |
| 3.2.1.2. Caracterização do clima   | 28 |
| 3.3. Caracterização do ensaio experimental   | 30 |
| 3.3.1. Solo  | 30 |
| 3.3.2. Delineamento e tratamentos experimentais  | 31 |
| 3.3.3. Práticas culturais  | 32 |
| 3.3.4. Colheita de amostras de terra, de água e de grão de ervilha                         | 34 |
| 3.3.5. Métodos de caracterização laboratorial  | 34 |
| 3.3.5.1. Métodos utilizados para a caracterização<br>físico-química do solo                | 34 |
| 3.3.5.2. Métodos utilizados para a caracterização química do grão                          | 35 |
| 3.3.5.3. Métodos utilizados para a caracterização<br>físico-química da água                | 35 |
| 3.4. Método de análise estatística dos dados experimentais                                 | 36 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO  | 37 |
| 4.1. Monitorização da produção, grau tenderométrico e % de sólidos<br>insolúveis de álcool | 37 |
| 4.2. Monitorização da composição físico-química do solo                                    | 41 |
| 4.3. Monitorização da composição mineral do grão de ervilha                                | 42 |
| 5. CONCLUSÕES  | 44 |
| 6. BIBLIOGRAFIA  | 45 |
| ANEXOS   |    |

## LISTA DE QUADROS

|   | <b><i>Pág.</i></b> |
|---|--------------------|
| <b>Quadro 1</b> – Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega   | 8                  |
| <b>Quadro 2</b> – Valores empíricos da evapotranspiração potencial  | 8                  |
| <b>Quadro 3</b> – Composição de vagens e grãos imaturos de ervilha frescos em 100 g de parte comestível   | 9                  |
| <b>Quadro 4</b> – A cultura da ervilha verde no Mundo em 2003   | 10                 |
| <b>Quadro 5</b> – Exportação média de macronutrientes pela cultura da ervilha   | 13                 |
| <b>Quadro 6</b> – Principais constituintes das algas e seus efeitos agronómicos   | 18                 |
| <b>Quadro 7</b> – Calendarização das actividades  | 23                 |
| <b>Quadro 8</b> – Capacidade de uso de classe A   | 27                 |
| <b>Quadro 9</b> – Dados climáticos relativos ao período em estudo (Janeiro de 2011 a Maio de 2011), comparativamente a um período de 30 anos (1961-1991)                              | 28                 |
| <b>Quadro 10</b> – Características físico-químicas do solo do campo experimental, por bloco   | 30                 |
| <b>Quadro 11</b> – Caracterização da cultivar Azarro, relativamente à duração do ciclo, somatório de temperatura, grau tenderométrico, AIS e produtividade em quatro ciclos culturais | 31                 |
| <b>Quadro 12</b> – Resultados da análise geral da água de rega  | 32                 |
| <b>Quadro 13</b> – Controlo de infestantes e larva de dípteros na cultura da ervilha  | 33                 |
| <b>Quadro 14</b> – Tratamento fitossanitário realizado durante o ciclo cultural da ervilha  | 34                 |
| <b>Quadro 15</b> – Produção, grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis de álcool de cada tratamento experimental, por talhão e bloco  | 37                 |
| <b>Quadro 16</b> – Características físico-químicas do solo de cada tratamento experimental  | 41                 |
| <b>Quadro 17</b> – Composição mineral do grão de ervilha de cada tratamento experimental  | 42                 |
| <b>Quadro 18</b> – Exportação de nutrientes do grão de ervilha correspondente a cada tratamento experimental  | 43                 |



## LISTA DE FIGURAS

|   | <b><i>Pág.</i></b> |
|---|--------------------|
| <b>Figura 1</b> – Estrutura do $\gamma$ -PGA  | 15                 |
| <b>Figura 2</b> – Representação esquemática dos efeitos fisiológicos dos extractos de algas e possíveis mecanismos de bioactividade | 19                 |
| <b>Figura 3</b> – Diagrama de produção de alginato de sódio   | 22                 |
| <b>Figura 4</b> – Localização do campo de ensaio  | 25                 |
| <b>Figura 5</b> – Carta de solos do Vale do Tejo  | 26                 |
| <b>Figura 6</b> – Carta de capacidade de uso do Vale do Tejo  | 27                 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|  |   |
|--|---|
| <b>ABA</b>                                       | Ácido abscísico   |
| <b>AIS</b>                                       | % de sólidos insolúveis no álcool   |
| <b>Algin</b>                                     | Alginato de sódio   |
| <b>Anova</b>                                     | Análise de variância  |
| <b>B</b>   | Boro  |
| <b>Ca</b>  | Cálcio  |
| <b>Co</b>  | Cobalto   |
| <b>CSR</b>                                       | Carbonato de sódio residual   |
| <b>Cu</b>  | Cobre   |
| <b>DCEB</b>                                      | Departamento de Ciências e Engenharia dos Biossistemas                      |
| <b>DFC</b>                                       | Danish Food Composition   |
| <b>ETc</b>                                       | Evapotranspiração de consumo  |
| <b>ETo</b>                                       | Evapotranspiração de referência   |
| <b>FAO</b>                                       | Food and Agriculture Organization   |
| <b>Fe</b>  | Ferro   |
| <b>GT / TR</b>                                   | Grau tenderométrico   |
| <b>H<sub>2</sub>O</b>                            | Água  |
| <b>HCl</b>                                       | Cloreto de hidrogénio (Usual: ácido clorídrico; Comercial: ácido muriático) |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>                            | Óxido de potássio   |
| <b>Kc</b>  | Coeficiente cultural médio  |
| <b>KCl</b>                                       | Cloreto de potássio   |
| <b>kg ha<sup>-1</sup></b>                        | Quilograma por hectare  |
| <b>L</b>   | Duração do período de desenvolvimento                                       |
| <b>LQARS</b>                                     | Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva                                |
| <b>Mg</b>  | Magnésio  |
| <b>Mn</b>  | Manganês  |
| <b>Mo</b>  | Molibdénio  |
| <b>N<sub>2</sub></b>                             | Azoto atmosférico   |
| <b>Na</b>  | Sódio   |
| <b>NaC<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>6</sub></b> | Alginato de sódio   |
| <b>NaOH</b>                                      | Hidróxido de sódio  |
| <b>NH<sub>3</sub></b>                            | Amoníaco  |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | Azoto amoniacal   |
| <b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> | Azoto nítrico   |
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>   | Ião nitrato   |
| <b>NPK (7-18-27)</b>                | Adubo composto, com 7% de azoto, 18% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e 27% de K <sub>2</sub> O |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>   | Pentóxido de fósforo  |
| <b>PGA</b>                          | Ácido poli-γ-glutâmico  |
| <b>psi</b>                          | Unidade do grau tenderométrico  |
| <b>RSA</b>                          | Razão de absorção do sódio  |
| <b>RSU</b>                          | Resíduos sólidos urbanos  |
| <b>TPA</b>                          | Poliaspartato térmico   |
| <b>t</b>                            | Toneladas   |
| <b>UNESCO</b>                       | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization                                |
| <b>USDA</b>                         | United States Department of Agriculture   |
| <b>Zn</b>                           | Zinco   |

## 1. INTRODUÇÃO

A ervilha, como a grande maioria das leguminosas, tem a capacidade de fixar o azoto atmosférico, devido à simbiose que estabelece com as bactérias de género rizóbio (*Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae*). Desta relação de simbiose resulta a fixação do azoto atmosférico ( $N_2$ ) pela bactéria e seu fornecimento à planta na forma de amónio ( $NH_4^+$ ). A planta fornece ácidos orgânicos à bactéria que os usa como fonte de carbono e de energia (Varennnes, 2003).

Um dos factores que mais influência tem na fixação biológica do azoto é a quantidade de azoto mineral presente na solução do solo. Um nível baixo de azoto mineral não afecta a fixação, ou pode mesmo estimulá-la, por fornecer o azoto necessário às primeiras fases de desenvolvimento da planta, até o rizóbio se estabelecer e começar a fixar o  $N_2$ . Se o nível de azoto mineral for elevado tem um efeito inibitório na fixação do  $N_2$ , tanto ao nível da nodulação como do funcionamento dos nódulos (Carranca, 2000). As plantas passam a utilizar o azoto mineral disponível no solo em vez de dependerem da fixação simbiótica do  $N_2$ , ou seja, em simbiose com rizóbio fixam  $N_2$  quando necessário e param a fixação quando não precisam dela. Este mecanismo de regulação é favorável para a planta visto que a absorção e assimilação do azoto mineral a partir do solo tem menores custos energéticos para a planta do que aqueles que tem que despende para manter a relação simbiótica e o processo bioquímico de fixação do  $N_2$  (Varennnes e Torres, 2004). Carranca (1996) encontrou valores entre 70 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de azoto.

Quando há simbiose, a ervilha é auto-suficiente no respeitante à nutrição azotada. No entanto, a aplicação de uma pequena quantidade de azoto, para suprir as necessidades da planta nas fases iniciais da sua instalação, antes do início efectivo da fixação biológica do  $N_2$ , é uma prática habitual entre os produtores, até porque se trata de uma cultura de Outono-Inverno. O LQARS (2000) recomenda uma aplicação de N que varia entre 0 e 40 kg ha<sup>-1</sup>. Para uma produção de grão de 7 t ha<sup>-1</sup>, a fertilização fosfatada e potássica sugerida pode variar entre 0 e 120 kg de  $P_2O_5$  e 0 a 100 kg de  $K_2O$  ha<sup>-1</sup>, respectivamente, proporcionando as quantidades mais elevadas, em particular, uma melhoria qualitativa da produção.

Os biofertilizantes e/ou bioestimulantes são definidos como materiais que promovem o crescimento e o desenvolvimento da planta quando aplicados em pequenas quantidades, sendo também referidos como potenciadores metabólicos (Zhang e Schmidt, 1997, cit. in Khan *et al.*, 2009). Têm como base, principalmente, extractos de outros materiais.

Embora possam conter diferentes níveis de minerais, os biofertilizantes e/ou bioestimulantes são incapazes de fornecer todos os nutrientes necessários às plantas, nas quantidades necessárias. A principal vantagem da sua utilização é a melhoria na absorção dos elementos minerais pelas raízes e/ou pelas folhas. Assim, diminuem a necessidade de aplicação de adubos químicos, a lixiviação ou o escoamento de nutrientes, contribuindo, assim, para a diminuição do eventual impacto ambiental dos sais fertilizantes. Por esta razão, o desenvolvimento de novos biofertilizantes e/ou bioestimulantes usando materiais de ocorrência natural tem sido alvo de interesse de muitos investigadores.

Para além disso, e, ainda, com o intuito de permitir a libertação no solo, de forma controlada, de nutrientes vegetais, foram desenvolvidas algumas matrizes poliméricas, para serem usadas no

revestimento e/ou encapsulação de formulações fertilizantes. Tal é o caso do ácido poli- $\gamma$ -glutâmico ( $\gamma$ -PGA) e do alginato de sódio, cuja produção à escala industrial é já possível, de forma simples, a partir de recursos renováveis, com interesse do ponto de vista económico e ambiental.

O  $\gamma$ -PGA é produzido predominantemente por bactérias pertencentes ao género *Bacillus*, como *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. pumilis*, *B. mojavensis*, *B. anthracis* e *B. amyloliquefaciens* (Shih e Van, 2001; Chen *et al.*, 2005).

A utilização da biomassa de algas como biofertilizantes e/ou bioestimulantes é efectuada através da exploração de populações naturais de algas de vários géneros como *Ascophyllum*, *Macrocystis*, *Durvillea*, *Ecklonia*, *Fucus*, *Sargassum*, *Cystoseira* e *Laminaria*. Para além disso, o seu elevado conteúdo em alginatos (entre os 20 e 40% do peso seco) confere-lhes um efeito “coloidal, hidratante, espessante, aderente, adsorvente e nutriente” em soluções aquosas (10-20% peso/volume) (Moreno, 2001).

Alginato, muitas vezes denominado apenas de algin, é um nome colectivo para o ácido algínico e seus diversos sais. Sais do ácido algínico (alginatos) ocorrem em todas as algas marinhas castanhas como componentes estruturais das paredes celulares e dos espaços intercelulares (McHugh, 2003). Na indústria de desenvolvimento de fertilizantes, os alginatos são usados para preparar biofertilizantes líquidos para aplicação foliar, ou para melhorar as características físicas dos grânulos dos fertilizantes sólidos, em especial como matriz para a encapsulação de formulações fertilizantes de libertação controlada (Bashan, 1998; Gombotz e Wee, 1998; Chang e Dobashi, 2003; Chan *et al.*, 2006; Goh *et al.*, 2011).

O presente trabalho foi realizado num campo de ervilha de um dos produtores da Bonduelle (Portugal) Agro-indústria, S.A., em colaboração com o Departamento de Ciências e Engenharia dos Biosistemas (DCEB) do Instituto Superior de Agronomia e a ADP-Fertilizantes, S.A. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito, de quatro tratamentos experimentais, a testemunha sem fertilização, e três formulações fertilizantes - NPK (20 kg de N, 51,4 kg de  $P_2O_5$  e 77 kg de  $K_2O$  por hectare); NPK+ PGA (um regulador nutricional vegetal, que tem como componente principal o ácido poli- $\gamma$ -glutâmico, contendo também fitohormonas) e NPK+ Algin (alginato de sódio) -, na produção comercial e alguns aspectos qualitativos do grão de ervilha.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Classificação botânica e morfológica da ervilha

Sem se pretender ser exaustivo, apresentamos os principais aspectos botânicos e morfológicos da ervilha segundo Maroto (2002). A ervilha pertence à família das *Fabaceae* (sin. *Leguminosae*), à subfamília *Faboideae* (sin. *Papilionoideae*), à tribo *Vicieae* (sing. *Fabeae*), ao género *Pisum* e à espécie *Pisum sativum* L.

É uma planta anual, herbácea e com germinação hipógea.

Tem um sistema radicular medianamente desenvolvido, a raiz é aprumada, pivotante, situando entre os 30 e os 60 cm a maior parte das raízes, podendo atingir entre os 90 a 150 cm. Possui inúmeros nódulos onde se fixa o azoto atmosférico por acção de uma bactéria (*Rizobium leguminosarum*), que aí se desenvolve simbioticamente.

Os caules são herbáceos, aprumados, ramificados, trepadores e angulosos, sem pêlos e ocos, possuem entrenós de diferentes comprimentos, podendo variar de 25 a 150 cm.

As folhas estão distribuídas de forma alterna, com um a três pares de folíolos ovalados, de margem inteira ou sinuado-dentados na parte superior. Na base das folhas dispõem-se duas estípulas arredondadas. As folhas podem terminar em gavinhas ramosas (folha parapinulada) ou em folíolos (folha imparapinulada).

As inflorescências estão distribuídas de forma alternada ao longo do caule e podem ter uma ou mais brácteas, de forma e dimensões variáveis.

As flores pertencem à família das Papilionáceas. Designam-se de pedúnculares e axilares por se situarem na inserção da folha com o caule. O caule termina em cinco lóbulos, o que significa que tem o mesmo número de sépalas. As flores podem encontrar-se solitárias ou em grupo de 3 ou 4 e apresentam uma coloração branca ou violácea.

A fecundação é autogâmica, regida por um mecanismo de cleistogamia (deiscência das anteras no interior das flores, provocando a fecundação prévia à abertura das flores). Quando a fecundação se dá antes da abertura das flores, verifica-se a polinização das flores no seu interior, garantindo assim a autogamia.

O fruto é uma vagem deiscente, com forma e dimensões variáveis, tem um comprimento de 5 a 10 cm e pode ter de 4 a 12 (grãos) sementes, sendo a sua forma (globosos ou cúbicos, lisos ou rugosos) e cor variadas de acordo com a variedade.

O ciclo vegetativo da ervilha, dependendo da variedade e das condições climáticas necessárias para o seu desenvolvimento, é de 90 a 140 dias.

Dentro das variedades de ervilha, podem encontrar-se algumas cujo crescimento é determinado e independente das condições ambientais, enquanto outras possuem um crescimento intermédio, que pode prolongar-se enquanto as condições climáticas são adequadas ao cultivo.

Estabelecem-se três distintos grupos varietais de ervilha em função do fotoperiodismo; precoces, semi-precoces e tardias.

Na floração das cultivares precoces, as primeiras flores aparecem entre o 6º e o 9º entrenó e são normalmente indiferentes ao fotoperíodo. Na floração das cultivares semi-precoces, as primeiras flores aparecem entre o 9º e o 11º entrenó e são medianamente sensíveis ao fotoperíodo. Na floração das cultivares tardias, as primeiras flores aparecem entre o 11º e o 13º entrenó, respondendo positivamente à acção dos dias longos (fotoperíodo), assim como a um efeito quantitativo das baixas temperaturas (exposição durante 1 a 4 semanas a temperaturas entre 1 e 7 °C, quando a planta é jovem).

De acordo com o citado em <http://www.unilet.fr/cultures/pois/pois.php?page=plantes>, o ciclo cultural da ervilha é composto por três fases. A primeira fase desde o aparecimento dos primeiros órgãos vegetativos até aos primeiros botões florais, a segunda fase é para completar a produção de material vegetal, plena floração e vingamento das vagens e a terceira é a paragem de produção de material vegetal e enchimento e maturação das vagens e grãos. Outros autores, nomeadamente Almeida (2006), consideram que o ciclo cultural da ervilha é composto por cinco fases: germinação e emergência, crescimento vegetativo, floração, vingamento e desenvolvimento das vagens e maturação dos grãos.

## **2.2. Caracterização da cultura da ervilha**

### **2.2.1. Exigências edafo-climáticas**

No seguimento dos aspectos botânicos e morfológicos, apresentamos as principais exigências edafo-climáticas da ervilha segundo Maroto (2002). A cultura da ervilha prefere zonas de clima temperado e fresco.

De entre as espécies hortícolas, é das que germina a temperaturas mais baixas (zero vegetativo de 4,5 °C). O seu desenvolvimento vegetativo é favorecido por temperaturas compreendidas entre os 13 e os 25 °C. A temperatura ideal para um óptimo desenvolvimento vegetativo é entre os 20 e os 24 °C, com humidade relativa de 60 a 70%. A temperatura mínima para o desenvolvimento vegetativo está compreendida entre os 3,2 e os 4,4 °C. A ervilha não suporta temperaturas superiores a 30 °C. É uma planta que necessita de bastante luminosidade.

A ervilha tolera geadas moderadas durante a fase vegetativa, mas as geadas durante a floração podem prejudicar a cultura, destruindo as flores, o que acarreta atrasos e quebras na produção final.

As temperaturas elevadas favorecem o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular. Temperaturas baixas ( $\pm 8$  a 10 °C) no início do ciclo cultural favorecem uma maior produção de biomassa, pois promovem o desenvolvimento do sistema radicular que depois suporta mais eficientemente o crescimento da planta. Temperaturas elevadas encurtam a fase de crescimento vegetativo, aceleram a floração e reduzem a produção de biomassa durante o ciclo cultural. Além disso, provocam uma redução do número de flores e vagens por planta. Temperaturas superiores a 25 °C durante a floração e o vingamento das vagens reduzem a produtividade e a qualidade do grão.

A ervilha é uma das poucas plantas a que, com as devidas precauções e coeficientes correctos, pode aplicar-se com bastante aproximação o conceito do “integral térmico” ou ainda “graus dia de crescimento”. A ervilha necessita de um número de graus dia de crescimento da ordem dos 700 a 850 graus-dia para as cultivares precoces, 850 a 1000 para as cultivares semi-precoces e mais do que 1000 graus-dia para as cultivares tardias, sendo uma das espécies que mais fielmente responde a este integral térmico.

Se não houver défice hídrico, nem temperaturas superiores ao óptimo, pode-se prever uma boa aproximação aos estádios de desenvolvimento da ervilha, embora não aferidos para Portugal. Assim, da sementeira até à emergência existem 86 °dia acumulados, da sementeira até ao 5º entrenó 100-120 °dia acumulados, durante a fase vegetativa após o 5º entrenó 40 °dia acumulados por cada entrenó e entre o primeiro entrenó com flor e a colheita (com grau tenderométrico de 110 psi) 340 °dia acumulados.

A ervilha adapta-se a diversos tipos de solos, desde que bem drenados, de textura arenosa a franca-arenosa, os aluviões ricos em matéria orgânica (entre 2 a 4%), pH entre 6,0 e 7,5 e com uma condutividade eléctrica <0,4 dS/m determinada no extracto aquoso de proporção 1:2 (solo/água).

A cultura é susceptível à secura, nomeadamente após a floração, pelo que produz sempre mais e melhor em zonas frescas. É muito sensível à hipóxia mas o excesso de água no solo é-lhe, porém,



desvantajoso, por retardar a germinação e favorecer a podridão da semente. As sementes rugosas, possuidoras de uma maior quantidade de açúcar, são as mais susceptíveis às podridões, e portanto, as que se destroem com mais facilidade nos solos mais húmidos. Parcelas de terreno com ligeiro declive, voltadas a Sul, são particularmente vantajosas para esta cultura, dando origem a colheitas mais precoces. De igual modo, sempre que se pretender precocidade é possível recorrer a terrenos mais arenosos.

É uma cultura sensível ao excesso de sais e a solos calcários, uma vez que neste último tipo de solos as plantas podem apresentar sintomas de cloroses, promovendo o endurecimento dos grãos.

A formação dos nódulos nas raízes da ervilha, em simbiose com o rizóbio é muito afectada pelas limitações ambientais, como a baixa luminosidade, baixo pH, temperaturas extremas e desequilíbrios hídricos.

### **2.2.2. Caracterização varietal**

As cultivares de ervilha mais utilizadas em Portugal reflectem, de um modo geral, as exigências apresentadas pelas indústrias de transformação, uma vez que são elas que fornecem ao agricultor as cultivares para que este produza. Essas cultivares, não só são testadas no campo como na indústria, terão que conjugar alguns factores fundamentais como grau tenderométrico, AIS (% de sólidos insolúveis no álcool), calibre, cor e produtividade. Neste sentido é possível dizer que as cultivares mais utilizadas no nosso país são as precoces Romance, as semi-precoces, Azarro, Asthon, Twin, Tristar, Zelda, Quantum e Bingo e a tardia Embaixador.

### **2.2.3. Principais aspectos da técnica cultural**

#### **2.2.3.1. Rotações**

Tal com as restantes Fabáceas, a ervilha é uma cultura melhoradora. No entanto, devido ao seu ciclo cultural relativamente curto ( $\pm 120$  dias), pode funcionar como cultura intercalar numa rotação, como por exemplo: ervilha - milho ou ervilha – couve brócolo. Para uma boa sanidade da cultura, o período de recorrência deve de ser de 4 a 5 anos. As Fabáceas são precedentes culturais a evitar. A evitar são também as culturas de cenoura, nabo, batata, cebola e couve brócolo. A cenoura, o nabo e a batata, principalmente porque os resíduos da cultura que ficam no solo, com o aumento das temperaturas (a partir de Fevereiro/Março) germinam e desenvolvem parte aérea, acabando estas raízes e tubérculos por ser também colhidos pela máquina de colheita da ervilha e chegam à fábrica de transformação desta. A batata, a couve brócolo e a cebola devem também ser evitadas porque os Dípteros atacam estas culturas, fazendo as posturas no solo, e depois da incubação as larvas atacam as raízes, sementes e caules da ervilha.

### 2.2.3.2. Preparação do terreno

A base fundamental para uma boa sementeira é a preparação cuidada do solo. Assim, deve recorrer-se a lavouras, as quais devem ser mais ou menos profundas (20-30 cm), tendo como finalidade principal enterrar os restos da cultura anterior e o controlo das infestantes, facilitando a sementeira. A preparação do terreno, de modo a proporcionar um bom arejamento, alguma humidade e uma boa drenagem, favorece a sobrevivência da flora rizobiana no solo, a formação dos nódulos e a fixação do azoto atmosférico.

### 2.2.3.3. Sementeira

As sementes devem ser sujeitas a um tratamento fungicida. Os tratamentos mais usuais são com a substância activa “Tirame” na dose de 1,5 g kg<sup>-1</sup> de semente.

As sementeiras são realizadas de meados de Dezembro a fim de Fevereiro.

A sementeira deve ser feita com um semeador pneumático de precisão, de modo a localizar uniformemente as sementes a 2-3 cm de profundidade, com um compasso de 7 a 8 cm na linha e 15 cm na entrelinha, para uma densidade de 900.000 sementes ha<sup>-1</sup> (90 sementes m<sup>-2</sup>). A experiência tem demonstrado que esta é a densidade ideal de sementeira, embora em cultivares precoces e em solos arenosos se possa atingir 1.100.000 sementes ha<sup>-1</sup> (110 sementes m<sup>-2</sup>) e em cultivares tardias e em solos argilosos 800.000 sementes ha<sup>-1</sup> (80 sementes m<sup>-2</sup>).

### 2.2.3.4. Rega

Tendo em consideração que a colheita da ervilha para indústria se faz de uma só vez e a meio do ciclo (só as vagens cheias nesse momento vão contribuir para a produção final), a gestão da rega é muito importante para se conseguir concentrar a floração e, conseqüente frutificação, maximizando deste modo a produção. O principal período de necessidade de água ocorre na fase inicial, para favorecer o desenvolvimento vegetativo da cultura e, mais tarde, na fase de enchimento do grão, mais precisamente nos últimos 15-20 dias do ciclo.

Em regiões de temperatura elevada, a máxima produtividade obtém-se com o solo a 60% da capacidade de campo no período entre a emergência e o início da floração e de 90% durante e após a floração, na fase de enchimento do grão.

De modo a avaliar as necessidades de água e a condução da rega na cultura da ervilha, há que efectuar um balanço hídrico simplificado, em função da seguinte equação (<http://www.unilet.fr/cultures/pois/pois.php?page=irrigation>) (Quadro 1):

Reserva de água final = reserva de água do solo + pluviosidade (mm) + rega (mm) – ETc consumo pela ervilha (Kc x ETo).

Em que o valor de  $ET_c$ , depende da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e do coeficiente cultural médio ( $K_c$ ). O  $K_c$  varia, na generalidade, ao longo do ciclo cultural (L), em 4 estádios, inicial, desenvolvimento, crescimento e final. A  $ET_o$  pode ser avaliada directamente por meio de dispositivos apropriados denominados evapotranspirómetros. Na falta destes, ou de elementos obtidos a partir destes, que é o caso mais geral, calculam-se os respectivos valores aproximados por meio de métodos baseados em fórmulas ou valores mais ou menos empíricos, entre as quais as mais conhecidas são as de Thornthwaite, ou através dos valores apresentados no Quadro 2.

Quadro 1 – Informações para a avaliação das necessidades de água e para a condução da rega

| Coeficientes culturais médios ( $K_c$ )     |         | Duração do período de desenvolvimento (L)     | dias  |
|---|---------|---|-------|
| Kc germinação à formação dos botões florais | 0,6     | L inicial                                     | 15-20 |
| Kc floração                                 | 0,8     | L desenvolvimento                             | 25-30 |
| Kc formação das vagens                      | 1,0     | L crescimento                                 | 35    |
| Kc maturação dos grãos                      | 1,2     | L final                                       | 15    |
| Altura máxima das plantas (m)               | 0,5     | Fracção p (coeficiente facilmente utilizável) | 0,35  |
| Profundidade radicular máxima (m)           | 0,6-1,0 | Valor mínimo da capacidade utilizável (%)     | 40    |

Fonte: Adaptado de Almeida (2006)

Quadro 2 – Valores empíricos da evapotranspiração de referência

| (mm/dia) |   |     |   |     |   |     |     |     |     |     |   |
|----------|---|-----|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Jan      | 1 | Mar | 3 | Mai | 5 | Jul | 7   | Set | 5/4 | Nov | 2 |
| Fev      | 2 | Abr | 4 | Jun | 6 | Ago | 7/6 | Out | 3   | Dez | 1 |

Fonte: Comunicação pessoal (Luz, 2006)

### 2.2.3.5. Colheita

A colheita da ervilha para indústria é realizada de meados de Abril a fim de Maio.

Tal como já foi dito anteriormente, a colheita da ervilha é realizada mecanicamente de uma só vez, mais ou menos a meio do ciclo (só as vagens cheias nesse momento vão contribuir para a produção final) quando o grão atingir a maturação industrial. Assim, é extremamente importante que haja uma acentuada uniformidade da maturação, situação que se consegue empregando cultivares adequadas e procedendo a práticas culturais perfeitamente ajustadas a este propósito.

A colheita deve ser realizada, tal como acontece na grande maioria das hortícolas, durante as horas mais frescas do dia e tentando que o grau tenderométrico da grande maioria do grão colhido seja aquele que melhor conjuga a relação produção/qualidade.

### 2.3. Utilizações e composição da ervilha

Tal como as outras Fabáceas, a ervilha pode ser cultivada pelas suas sementes (grãos) secas, pelas sementes imaturas ou pelas vagens imaturas. As plântulas de ervilha (rebentos) também são consumidas. Nos países desenvolvidos, a ervilha é consumida predominantemente na forma de grãos imaturos congelados ou em conservas. Já nos países em vias de desenvolvimento, a cultura para grão seco é preferida devido à facilidade de armazenamento. Algumas cultivares foram especialmente seleccionados para o consumo da vagem imatura.

A ervilha é rica em proteína, cálcio, fósforo, ferro e potássio. As principais proteínas da semente designam-se por vicilina e legumina. Todas as leguminosas são boas fontes de fibra e isoflavonóides. As ervilhas que se consomem em verde (vagens ou grão) proporcionam quantidades apreciáveis de vitaminas A e C (Quadro 3). A congelação pode reduzir os teores de vitamina C da ervilha em mais de 50% (Almeida, 2006).

Quadro 3 - Composição de vagens e grãos imaturos de ervilha frescos em 100 g de parte comestível

| Nutrientes                       | USDA <sup>1</sup> |              | DFC <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-------------------|--------------|------------------|
|                                  | Vagem             | Grão imaturo | Grão imaturo     |
| <b>Macronutrientes e energia</b> |                   |              |                  |
| Água (%)                         | 89                | 79           | 79,5             |
| Energia (kcal)                   | 42                | 81           | 75,9             |
| Proteína (%)                     | 2,8               | 5,4          | 6,1              |
| Gordura (%)                      | 0,2               | 0,4          | 0,7              |
| Hidratos de carbono (%)          | 7,6               | 14,5         | 13,6             |
| Fibra (%)                        | 2,6               | 5,1          | 4,7              |
| <b>Vitaminas</b>                 |                   |              |                  |
| Vitamina A (IU)                  | 1087              | 765          | 357              |
| Tiamina (mg)                     | 0,15              | 0,266        | 0,283            |
| Riboflavina (mg)                 | 0,08              | 0,132        | 0,098            |
| Niacina (mg)                     | 0,6               | 2,09         | 1,71             |
| Ácido ascórbico (mg)             | 60                | 40           | 19,3             |
| B6 (mg)                          | 0,16              | 0,17         | 0,315            |
| <b>Minerais</b>                  |                   |              |                  |
| Potássio (mg)                    | 200               | 244          | 163              |
| Cálcio (mg)                      | 43                | 25           | 35               |
| Fósforo (mg)                     | 53                | 108          | 91,8             |
| Magnésio (mg)                    | 24                | 33           | 0,37             |
| Sódio (mg)                       | 4                 | 5            | 2                |
| Ferro (mg)                       | 2,1               | 1,47         | 1,35             |

Fonte: <sup>1</sup>USDA (2005) citado por Almeida (2006)

<sup>2</sup> Danish Food Composition Databank - National Food Institute  
Technical University of Denmark

## 2.4. Importância económica da ervilha

A ervilha, cultivada principalmente pelos grãos imaturos (verde) destinada à indústria de congelados e conservas, é a principal Fabácea hortícola a nível mundial. A produção mundial de ervilha verde é de cerca de 9,1 milhões de toneladas (Quadro 4) tendo sofrido um acréscimo de quase 70%, desde 1980. A Ásia e a Europa são os principais produtores mundiais de ervilha verde, com 60% e 16,5% do total mundial, respectivamente. A Ásia produz mais de metade do total mundial de ervilha verde, sendo a Europa e a América do Norte importantes regiões produtoras. No continente europeu os principais produtores de ervilha verde são a França, o Reino Unido, a Bélgica e a Holanda.

Quadro 4 - A cultura da ervilha verde no Mundo em 2003

| Países                              | Área<br>(x 1000 ha) | Produção<br>(x 1000 t) | Produtividade<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------|--|
| Mundo                               | 1103,8              | 9101,4                 | 8,2                                    |
| Ásia                                | 629,8               | 5460,3                 | 6,6                                    |
| Europa                              | 197,1               | 1508,6                 | 7,7                                    |
| América do Norte e Central          | 119,4               | 1173,9                 | 2,8                                    |
| África                              | 78,0                | 603,4                  | 9,8                                    |
| América do Sul                      | 64,1                | 180,3                  | 8,7                                    |
| Oceânia                             | 15,6                | 103,1                  | 8,0                                    |
| <b>Principais países produtores</b> |                     |                        |  |
| Índia                               | 350,0               | 3200,0                 | 9,1                                    |
| China                               | 231,1               | 2009,1                 | 8,7                                    |
| EUA                                 | 93,6                | 1061,0                 | 11,3                                   |
| França                              | 32,1                | 420,7                  | 13,1                                   |
| Reino Unido                         | 35,8                | 389,2                  | 10,9                                   |
| Egipto                              | 23,5                | 353,0                  | 15,0                                   |
| Bélgica                             | 10,2                | 192,0                  | 18,8                                   |
| Marrocos                            | 20,1                | 115,9                  | 5,8                                    |
| Holanda                             | 6,0                 | 84,0                   | 14,0                                   |
| Perú                                | 24,8                | 83,7                   | 3,4                                    |
| Outros                              | 276,7               | 1192,9                 | 4,3                                    |

Fonte: FAOSTAT (2005) citado por Almeida (2006)

## **2.5. Evolução da cultura da ervilha em Portugal**

Segundo dados da Junta Nacional das Frutas, das 1<sup>as</sup> Jornadas técnicas da ervilha para congelação (Frazão, 1984), o desenvolvimento da indústria de produtos hortícolas congelados teve lugar em Portugal no início da década de 1970, tendo incentivado a produção horto-industrial de ervilha até aos nossos dias. É certo que já anteriormente se transformavam pequenas quantidades de ervilha sobretudo para conserva, em unidades industriais de pequena capacidade e utilizando, como matéria-prima, os excedentes de produto destinado ao mercado fresco.

Apenas em 1970/71 se deu início, em verdade, à cultura especificamente destinada à indústria, com a utilização expressiva de variedades apropriadas quer ao enlatamento quer à congelação.

Por essa ocasião, o nosso país era importador praticamente da totalidade de ervilha congelada consumida sendo a sua procura crescente, pois ia entrando nos hábitos alimentares do consumidor português. O valor dessas importações estava a atingir somas bastante elevadas sem que a produção nacional parecesse reagir, uma vez que os custos por quilograma de ervilha importada eram substancialmente mais baixos do que os da ervilha então produzida em Portugal. Tal situação era devida a uma deficiente técnica, quer da cultura, quer dos equipamentos industriais então existentes, a par da utilização de sementes de variedades pouco produtivas e não apropriadas, sob o ponto de vista tecnológico, ao fim a que se destinavam. Até essa altura a colheita das vagens era feita manualmente, o que tornava os custos da matéria-prima incomportáveis para a indústria transformadora. Com este panorama tornava-se evidente que para os importadores e armazenistas era bem mais cómodo e lucrativo o recurso sistemático à importação em vez de tentarem obter o produto de origem nacional.

Ora, embora não sendo o nosso país, à partida, excepcionalmente dotado de características agro-climáticas óptimas para a cultura destinada a fins industriais, apresentava, contudo, algumas zonas com aptidão junto ao litoral norte e centro pelo que seria de interesse aproveitá-los para se tentar alcançar, pelo menos, o abastecimento nacional.

Nesse sentido, alguns departamentos oficiais dos Ministérios da Agricultura e do Comércio, com especial relevo para a Junta Nacional das Frutas, iniciaram então uma série de medidas de incentivo à produção, em colaboração com algumas unidades industriais potencialmente capazes de actuar naquele domínio as quais se foram, progressivamente, equipando para tal fim.

Por coincidência favorável algumas dessas fábricas perfazendo o total de 11, já anteriormente existentes e dedicando-se, até então, apenas à congelação de peixe, e que se encontravam situadas na faixa litoral a norte de Lisboa, nomeadamente em Aveiro, Figueira da Foz, Peniche e no Vale do Tejo, no sentido de tirarem partido da mão-de-obra excedentária em certas épocas do ano bem como de obterem uma maior rentabilização da capacidade frigorífica instalada, viram com interesse uma diversificação da sua actividade passando a transformar igualmente produtos da terra. Essas unidades, pioneiras neste campo, colaboradoras desde a primeira hora no programa de fomento então traçado, adaptaram-se com relativa facilidade, procedendo embora a consideráveis investimentos em equipamento destinado à laboração do novo tipo de produtos.

A partir de então, e através de um conjunto de medidas habilmente levadas à prática, o fomento da ervilha e, posteriormente, de outros produtos hortícolas sobretudo destinados à congelação, tem constituído um exemplo bem frisante da capacidade de resposta dos agricultores quando lhes é dado um mínimo de garantia. O precedente ocorrido com o tomate para indústria, foi assim confirmado com a ervilha.

Não se pode dizer que este processo tenha sido inteiramente pacífico nem isento de problemas, bastando atentar-se no facto de que todas as acções empreendidas foram no sentido de diminuir ou eliminar as importações e, por consequência, contrariando os interesses dos importadores tradicionais de produto acabado, alguns deles pouco ou nada interessados, como é evidente, no desenvolvimento do sector produtivo nacional.

O que é facto é que desde 1973 a produção de ervilha transformada, no nosso país, não parou de aumentar a um ritmo bastante considerável até ser atingida, em 1980, a meta inicialmente proposta dado que, pela primeira vez, não foi necessário proceder a qualquer importação de ervilha. Em escassos 8 anos Portugal passou de importador da quase totalidade da ervilha congelada necessária ao seu consumo para a auto-suficiência.

Em 1973, o consumo nacional era de 3700 toneladas, das quais 700 toneladas eram provenientes de produção nacional, as restantes 3000 toneladas eram importadas. Em 1980, o consumo nacional era de 9000 toneladas, totalmente provenientes da produção nacional.

Entretanto, é de realçar que, simultaneamente, se foi desenvolvendo a produção de outras espécies hortícolas transformadas nas mesmas unidades industriais, em épocas do ano diferentes, dilatando-se assim o período de laboração fabril. Tal é o caso, sobretudo, do pimento, da beringela, da aboborinha, da couve brócolo e da fava. O pimento e a couve brócolo actualmente atingem valores de exportação importantes.

Praticamente a totalidade de ervilha verde produzida no nosso país destina-se à indústria de congelação. Portugal produziu em 2011 cerca de 12000 toneladas de ervilha verde para indústria de congelação, para uma área de 1950 ha e com uma produtividade de  $6,1 \text{ t ha}^{-1}$  (Comunicação pessoal, Botelho, 2011). A principal zona de produção é o Vale do Tejo, com 90% da ervilha produzida, sendo os restantes 10% produzidos no Vale do Mondego e no Vale do Sado.

Das 11 indústrias existentes em 1973, actualmente existem apenas 4 indústrias a laborar, duas localizadas na zona de Santarém (Bonduelle e Monliz), uma localizada em Aveiro (Friopesca) e outra localizada em Avis (Dardico).

Relativamente à fábrica de Santarém do grupo Bonduelle, esta produziu na campanha de 2011, 2235 toneladas de ervilha para congelar, para uma área de 350 ha e com uma produtividade de  $6,4 \text{ t ha}^{-1}$ , representando 18,5% da produção nacional.

## 2.6. Fertilização da cultura da ervilha

A ervilha não é das espécies mais exigentes em azoto, mas grande parte do azoto de que carece pode-lhe ser fornecido por uma eficaz simbiose com o rizóbio. Assim, o azoto terá apenas interesse aplicado antes da sementeira, nas primeiras fases de desenvolvimento, uma vez que a planta ainda não possui nódulos capazes de fixar o azoto atmosférico, especialmente nas situações em que a nodulação seja dificultada por temperaturas baixas e solos húmidos. A actividade da nitrogenase (enzima do rizóbio responsável pela conversão do  $N_2$  em  $NH_3$ ) é fortemente reduzida se o teor em azoto no solo for elevado. Em condições normais, a fixação simbiótica pode completar 75% das necessidades da cultura em azoto (Carranca, 2000). De acordo com Thomas e Hopquin (1999), na primeira fase do ciclo cultural da ervilha, desde o aparecimento dos primeiros órgãos vegetativos até aos primeiros botões florais, o azoto é assimilado pelos caules e folhas à razão de  $1 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Para o desenvolvimento das vagens e dos grãos a absorção é mais intensa podendo ser de  $8 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ .

A ervilha reage bem à adubação com fósforo e potássio, que proporcionam frequentemente substancial aumento do tamanho das vagens, do número de grãos e uma melhor qualidade das produções; para além disso, a nodulação é favorecida por uma correcta nutrição nestes nutrientes.

É uma cultura exigente em cálcio e enxofre e com baixas exigências de boro, magnésio e zinco. Deve-se, contudo, prestar atenção ao manganês, ferro e molibdénio, que têm grande importância na actividade do rizóbio e consequente fixação simbiótica do azoto atmosférico. Assim, como na acidez do solo que prejudica muito a nodulação.

Segundo diversos autores, nomeadamente Maroto (2002), um programa de fertilização médio consta de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, 50 a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , 100 a  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. No entanto, o esquema de fertilização mineral depende evidentemente da exportação média de nutrientes em função da mobilização total dos nutrientes (Quadro 5) do conhecimento da análise de solo, do precedente cultural, da classe de fertilidade e da produção esperada.

Quadro 5 - Exportação média de macronutrientes pela cultura da ervilha

| Condições       | Produtividade<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | Azoto (N)<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Potássio (K <sub>2</sub> O)<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Cálcio (Ca)<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Magnésio (Mg)<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|--|-------------------------------------|--|---|---------------------------------------|---|
| <b>Grãos</b>    | <b>5,7</b>                             | <b>85,0</b>                         | <b>26,0</b>  | <b>34,0</b>   | <b>3,0</b>                            | <b>5,0</b>                              |
| Folhas e caules | 13,9                                   | 40,0                                | 11,0   | 71,0  | 41,0                                  | 4,0                                     |
| Vagens          | 7,2                                    | 20,0                                | 6,0  | 19,0  | 17,0                                  | 3,0                                     |
| Raízes          | 0,3                                    | 1,0                                 | 0,4  | 0,9   | 0,7                                   | 0,1                                     |
| <b>Total</b>    | <b>27,1</b>                            | <b>146,0</b>                        | <b>43,4</b>  | <b>124,9</b>  | <b>61,7</b>                           | <b>12,1</b>                             |

Fonte: Almeida (2006)



## 2.7. Biofertilizantes e/ou bioestimulantes

A aplicação aos solos de resíduos orgânicos, nomeadamente, estrumes, resíduos das culturas, ou algas marinhas, com elevados conteúdos em matéria orgânica, é uma prática usual em termos agrícolas e ambientais, para a manutenção da matéria orgânica dos solos e fornecimento de nutrientes vegetais. Os biofertilizantes e/ou bioestimulantes são produtos orgânicos constituídos por péptidos, aminoácidos, polissacáridos, ácidos húmicos e/ou fitohormonas (ácido giberélico, citocinina, ácido abscísico, ácido jasmónico, auxina, etc.), entre outros, para absorção - não dependente da actividade fotossintética - e disponibilidade imediata dentro da planta (Parrado *et al.*, 2008). O objectivo destes produtos é, mais do que fornecer nutrientes, favorecer e estimular o metabolismo da planta, ou diminuir as suas condições de stresse, principalmente através da neutralização dos radicais de oxigénio (Turgeon, 2005). São, por isso, considerados como promotores da produtividade das culturas, através de uma série de mecanismos muito variados que incluem, por exemplo, a activação da vida microbiana do solo e a promoção ou melhoria na actividade de enzimas do solo ou de hormonas de crescimento vegetais.

Os biofertilizantes e/ou bioestimulantes são definidos como materiais que promovem o crescimento e o desenvolvimento da planta quando aplicados em pequenas quantidades, sendo também referidos como potenciadores metabólicos (Zhang e Schmidt, 1997, cit. *in* Khan *et al.*, 2009). Têm como base, principalmente, extractos de outros materiais. Assim, as suas propriedades podem variar significativamente. Por exemplo, a composição de extracto de algas marinhas é muito influenciada pelas espécies destas. As substâncias húmicas são extraídas de solos, turfa, carvão e linhito e então separadas em ácidos húmicos, podendo apresentar, por isso, diferentes propriedades (Sharif *et al.*, 2002).

Embora possam conter diferentes níveis de minerais, os biofertilizantes e/ou bioestimulantes são incapazes de fornecer todos os nutrientes necessários às plantas, nas quantidades necessárias. A principal vantagem da sua utilização é a melhoria na absorção dos elementos minerais pelas raízes e/ou pelas folhas. Assim, diminuem a necessidade de aplicação de adubos químicos, a lixiviação ou o escoamento de nutrientes, contribuindo, assim, para a diminuição do eventual impacto ambiental dos sais fertilizantes. Por esta razão, o desenvolvimento de novos biofertilizantes e/ou bioestimulantes usando materiais de ocorrência natural tem sido alvo de interesse de muitos investigadores.

Para além disso, e, ainda, com o intuito de permitir a libertação no solo, de forma controlada, de nutrientes vegetais, foram desenvolvidas algumas matrizes poliméricas, para serem usadas no revestimento e/ou encapsulação de formulações fertilizantes. Tal é o caso do ácido poli- $\gamma$ -glutâmico ( $\gamma$ -PGA) e do alginato de sódio, cuja produção à escala industrial é já possível, de forma simples, a partir de recursos renováveis, com interesse do ponto de vista económico e ambiental.

### 2.7.1. Ácido poli- $\gamma$ -glutâmico ( $\gamma$ -PGA)

O ácido poli- $\gamma$ -glutâmico ( $\gamma$ -PGA) é um biopolímero solúvel em água, biodegradável, comestível e não-tóxico, quer para os seres humanos, quer para o meio ambiente (Bajaj e Singhal, 2011).

O  $\gamma$ -PGA é constituído por unidades de ácido D e L-glutâmico com ligações amida entre grupos  $\alpha$ -amina e  $\gamma$ -carboxílico (Figura 1). Apresenta um abundante número de cargas negativas, pois tende a ionizar-se completamente devido à dissociação de grupos ácido carboxílico em condições de pH > 4 (Chiu *et al.*, 2007). Foi primeiramente descoberto por Ivánovics e o seu grupo de trabalho em 1937 (Ivánovics e Bruckner, 1937 cit. in Shih e Van, 2001).

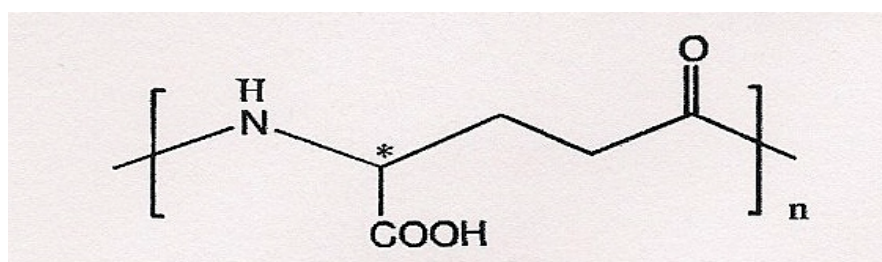


Figura 1 - Estrutura do  $\gamma$ -PGA (Shih e Van, 2001)

A potencialidade da aplicação do  $\gamma$ -PGA e dos seus derivados tem originado grande interesse nos últimos anos numa ampla gama de indústrias, tais como na produção de alimentos ou de cosméticos, em medicina e no tratamento de águas. O  $\gamma$ -PGA é usado como espessante, humidificante, agente antiácido, crioprotector e transportador de substâncias activas em medicamentos (Shih e Van, 2001), especialmente como adjuvante em vacinas (Bajaj e Singhal, 2011). Tem tido, igualmente, utilização frequente na constituição de matrizes de libertação controlada para encapsulação de várias substâncias, tais como, licopenos extraídos da polpa de tomate (Chiu *et al.*, 2007), de enzimas como a nattokinase (Hsieh *et al.*, 2009), ou de fertilizantes azotados (King *et al.*, 1997), como adesivo biológico, na produção de fibras biodegradáveis, hidrogéis com elevada capacidade de absorção de água, biopolímeros floculantes, como absorvente de metais pesados no tratamento de águas (Bhattacharyya *et al.*, 1998, cit. in Bajaj e Singhal, 2011) e em aditivos para a alimentação animal (Shih e Van, 2001).

O  $\gamma$ -PGA é produzido predominantemente por bactérias pertencentes ao género *Bacillus*, como o *B. licheniformis*, o *B. subtilis*, o *B. megaterium*, o *B. pumilis*, o *B. mojavensis*, o *B. anthracis* e o *B. amyloliquefaciens* (Shih e Van, 2001; Chen *et al.*, 2005). O  $\gamma$ -PGA produzido por *Bacillus* spp. apresenta, em geral, um elevado peso molecular, da ordem de  $10^5$  a  $10^6$  Da, dependendo das estirpe bacteriana e das condições de cultura (Shih e Van, 2001).

Devido à suas excelentes características, o  $\gamma$ -PGA atraiu uma grande variedade de interesses para aplicação potencial em sinergia com fertilizantes, como outros ácidos poliaminados, como a poliaspartato térmica (TPA) (Shih e Van, 2001; Chen *et al.*, 2005), para aumentar a utilização de nutrientes e, assim, melhorar o rendimento e a qualidade das culturas apresentando, ainda, muitas

vantagens sobre alguns pesticidas, como baixa toxicidade, elevada biodegradabilidade e características ambientalmente favoráveis (Chen *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2008).

Wang *et al.* (2008), observaram que o  $\gamma$ -PGA produzido por *Bacillus subtilis* B6-1, com resíduos de soja e de batata-doce como substrato, aumentava efectivamente o crescimento da parte aérea e da raiz de pepino (*Cucumis sativus* L.), para todos os níveis de nutrientes. Os efeitos eram mais significativos para o menor nível de fertilização e, particularmente, ao nível do desenvolvimento radicular. O mesmo estudo mostrou, ainda, um controlo muito eficaz na ocorrência de *Fusarium oxysporum* sp. *cucumerinum*, diminuindo a ocorrência da doença de 92%, na testemunha para 17% nos tratamentos em que foram introduzidos os resíduos vegetais cultivados *Bacillus subtilis* B6-1.

Os resultados obtidos por Wang *et al.* (2008) podem atribuir-se aos efeitos sinérgicos do  $\gamma$ -PGA produzido pelo *B. subtilis* B6-1 com culturas de resíduos de agro-indústrias, mostrando uma dupla função como agente de controlo de doenças das plantas e como fertilizante, o que pode contribuir para a reciclagem dos resíduos agro-industriais, redução do uso excessivo de pesticidas e adubos químicos e, no final, a redução da poluição ambiental.

King *et al.* (2007), patentearam um método de libertação lenta de fertilizantes azotados, que melhora o crescimento das culturas. A formulação fertilizante desenvolvida compreendia um fertilizante azotado de libertação lenta, insolúvel em água - o que significa que menos de 0,001% do peso do composto é solúvel em água e  $\gamma$ -PGA, numa quantidade suficiente para aumentar o período de libertação de azoto e/ou para melhorar o crescimento das plantas, colheitas e rendimento das culturas em que é aplicada, não podendo ser absorvido pela planta. Outros objectivos da formulação patenteada são a redução da lixiviação de nutrientes, o aumento da qualidade das culturas, a sua capacidade de resistir a doenças e a melhoria das características de armazenamento.

Os fertilizantes azotados de libertação lenta são geralmente classificados em vários grupos, com base no processo pelo qual os nutrientes são libertados. Um dos tipos é um fertilizante solúvel em água revestido ou encapsulado em membranas para retardar a libertação de nutrientes. Por exemplo, um fertilizante de libertação controlada é composto por uma membrana semi-permeável solúvel em água, azoto e outros nutrientes. A água passa através da membrana, eventualmente causando pressão interna suficiente para romper a membrana e libertar os nutrientes encapsulados. A espessura do revestimento é variável, sendo os nutrientes libertados em momentos diferentes a partir de grânulos separados. As taxas de libertação desses fertilizantes estão dependentes de temperatura, humidade e espessura do revestimento (King *et al.* 2007).

A formulação fertilizante desenvolvida por King *et al.* (2007) pode, também, incluir outros aditivos, tais como outros nutrientes, aminoácidos e pesticidas, ou seja, insecticidas, herbicidas, fungicidas e, ainda, reguladores de crescimento vegetal, em quantidades suficientes para serem eficazes, em função da finalidade para a qual se destinam, variando, de preferência, entre 1 a 10 %, em peso, do fertilizante azotado de libertação lenta.

### 2.7.2. Alginatos (Algin)

As algas marinhas fazem parte dos ecossistemas das costas marítimas. A sua aplicação aos solos é uma prática habitual entre os agricultores das zonas costeiras. Os seus efeitos benéficos como fonte de matéria orgânica e de nutrientes vegetais são conhecidos desde a antiguidade e persistem com esta prática. Os componentes dos extractos de algas são macro e micronutrientes, aminoácidos, vitaminas, citocinas, auxinas e ácido absicico (ABA), compostos estimulantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas originando uma maior produtividade da cultura (Quadro 6).

Estima-se que existam cerca de 9000 espécies de macroalgas, classificadas em três grandes grupos baseados na sua pigmentação: as castanhas (Phaeophyta), as vermelhas (Rhodophyta) e as verdes (Chlorophyta). As algas castanhas são o segundo grupo mais abundante, com cerca 2000 espécies, e as mais usadas na agricultura. Entre elas, a mais estudada é a *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolies. Além desta espécie, outras algas castanhas como *Fucus* spp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., e *Turbinaria* spp., também são usadas como biofertilizantes na agricultura (Hong *et al.*, 2007).

São produzidas anualmente 15 milhões de toneladas de algas marinhas (FAO/UNESCO, 2006 cit. in Khan *et al.*, 2009). Uma parte considerável destas é usada como biofertilizantes e/ou bioestimulantes, para aumentar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e a sua produção.

As algas castanhas, são uma fonte pouco comum e complexa de polissacáridos não presentes em plantas terrestres. Por exemplo, as algas *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* e *Saccharina longicuris* contêm os polissacáridos laminarano, fucoidano e alginatos (Khan *et al.*, 2009).

A capacidade adaptativa das algas ao seu meio resulta de distintos tipos de fitocolóides (hidrocolóides), agar e carregenatos (só em determinados espécies de *Rhodophytas* - alginatos), em certas *Phaeophytas* e microalgas (e ulvanos) e em *Chloropytas* (que recobrem as suas paredes celulares). A grande higroscopicidade destes fitocolóides permite-lhes captar água em estado gasoso de forma reiterada, motivo pelo qual aumentam e mantêm a capacidade de campo dos solos e permitem reduzir os riscos de seca. Assim, as suas propriedades espessantes e gelificantes permitem criar uma fina capa hidratante, tanto sobre o solo como sobre as folhas da planta (acrescentando um agente tensioactivo), o que explica as propriedades antierosivas e estruturantes de solos e a actividade antitranspirante sobre a planta (Moreno, 2001).

Quadro 6 – Principais constituintes das algas e seus efeitos agronômicos (Adaptado de Moreno, 2001)

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Polissacáridos matriciais        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alginatos, carregenatos, agar, ulvanos, mucopolissacáridos e oligossacáridos</li> </ul> |
| Polissacáridos de reserva        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manitol, flucoidano, laminarano, amido florídeo</li> </ul>                              |
| Polissacáridos de parede         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Celulose e hemicelulose</li> </ul>  |
| Macronutrientes                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Azoto (aminoácidos), sódio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo</li> </ul>             |
| Oligoelementos                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• B, Mn, Cu, Fe, Zn, Mo, Co</li> </ul>  |
| Bioantioxidantes e activadores   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polifenóis, xantofilas, carotenóides, enzimas</li> </ul>                                |
| Fitohormonas e reguladores       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Citocianinas, oligossacáridos, betaínas</li> </ul>                                      |
| Toxinas, inibidores e repelentes | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compostos aromáticos e terpenóides halogenados</li> </ul>                               |

Todos os fitocolóides, de qualquer espécie, têm distintos tipos e quantidades variáveis de grupos polares (sulfatos, metilos e pirúvicos, no caso do agar e carragenatos, carboxilo em alginatos e ulvano) que lhes conferem a categoria de polieletrólitos aniônicos de alta reactividade (pela sua estrutura linear polianiónica) e, portanto, o poder de actuar no solo como um excelente trocador de catiões, como um agente quelante e floculante de argilas (Moreno, 2001).

Os extractos de algas melhoram a eficiência da absorção de água e de nutrientes pelas raízes, nomeadamente, o azoto, o fósforo, o potássio, o cálcio, o manganês, o magnésio, o ferro e o zinco (Crouch *et al.*, 1990; Kumari *et al.*, 2011) causando, em geral, maior vigor e crescimento das plantas (Khan *et al.*, 2009; Kumar e Sahoo, 2011). Também proporcionam uma melhor germinação e emergência (Sivasankari *et al.*, 2006; Hong *et al.*, 2007), elevada resistência ao stresse biótico e abiótico e maior período de conservação principalmente dos produtos perecíveis (Khan *et al.*, 2009). Para além disso, melhoram o conteúdo de clorofila das plantas, facto favorecido pelas betaínas (Whapham *et al.*, 1993), promovem a floração precoce e frutificação - o que está associado às fitohormonas presentes (Crouch e van Staden, 1993) que favorecem a mobilização de fitoassimilados -, melhoram a produção de frutos, o seu tamanho e qualidade (Chouliaras *et al.*, 2009), assim como a propagação vegetativa em espécies de culturas diversas e a tolerância ao stresse ambiental como a seca, a salinidade e as temperaturas extremas (Eyras *et al.*, 2008) (Figura 2).



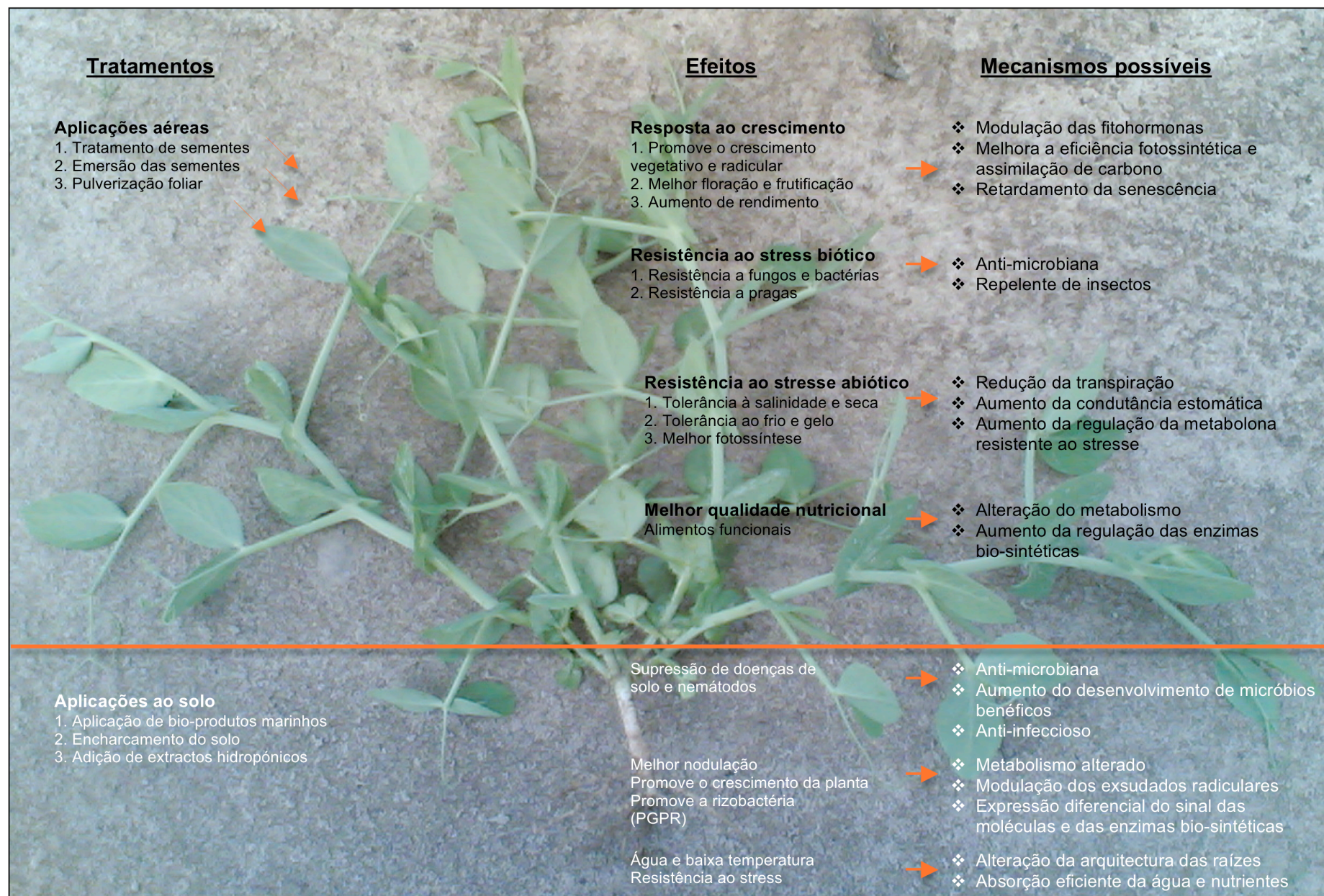


Figura 2 - Representação esquemática dos efeitos fisiológicos dos extractos de algas e possíveis mecanismos de bioactividade (Adaptado de Khan *et al.*, 2009)

A utilização da biomassa de algas como biofertilizantes e/ou bioestimulantes é, como referido anteriormente, efectuada através da exploração de populações naturais de algas de vários géneros como *Ascophyllum*, *Macrocystis*, *Durvillea*, *Ecklonia*, *Fucus*, *Sargassum*, *Cystoseira* e *Laminaria*. Para além disso, o seu elevado conteúdo em alginatos (entre os 20 e 40% do peso seco) confere-lhes um efeito “coloidal, hidratante, espessante, aderente, adsorvente e nutriente” em soluções aquosas (10-20% peso/volume) (Moreno, 2001).

Alginato, muitas vezes denominado apenas de algin, é um nome colectivo para o ácido algínico e seus diversos sais. Sais do ácido algínico (alginatos) ocorrem em todas as algas marinhas castanhas como componentes estruturais das paredes celulares e dos espaços intercelulares (McHugh, 2003).

O ácido algínico foi primeiramente descoberto por Stanford em 1981, que observou que a substância chamada alginato tinha várias propriedades interessantes como espessante, formando facilmente géis e propôs várias aplicações industriais. A produção em grande escala foi desenvolvida mais tarde, tendo Krefting (1896; cit. in McHugh 1987) obtido o ácido algínico puro, sendo mais tarde determinada a estrutura do ácido algínico, as propriedades das suas soluções e das reacções químicas dos alginatos (Zambon *et al.*, 2001).

Os alginatos são actualmente um dos biopolímeros mais versáteis para uso industrial (Zambon *et al.*, 2001). Na indústria alimentar, são usados como aditivos pelas suas propriedades como espessantes, emulsionantes (óleo-água), estabilizadores e colóides em diversos produtos, tais como gelados, conservas, molhos para saladas, salsichas, entre outros. Na indústria farmacêutica utilizam-se, por exemplo, como agente de ligação e emulsionante na formulação de comprimidos e na indústria têxtil, na preparação de tecidos à prova de água, como espessantes e estabilizadores em tintas, entre outros (Zambon *et al.*, 2001).

Nas agro-indústrias, os alginatos são usados para mistura em substratos ou em solos de culturas protegidas, para preparar biofertilizantes líquidos para aplicação foliar, ou para melhorar as características físicas dos grânulos dos fertilizantes sólidos, em especial como matriz para a encapsulação de formulações fertilizantes de libertação controlada (Bashan, 1998; Gombotz e Wee, 1998; Chang e Dobashi, 2003; Chan *et al.*, 2006; Goh *et al.*, 2011).

Todas as espécies da classe *Phaeophyceae*, com indivíduos de grandes dimensões, são fontes potenciais de ácido algínico para fins comerciais, em particular as espécies *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata* e *Fucus serratus*. Aparecem na maioria das costas rochosas e encontram-se sobretudo no Atlântico Norte, na Grã-Bretanha, França (Bretanha) e Noruega.

Os alginatos são macromoléculas lineares constituídas por dois tipos de motivos manométricos (monómeros), o ácido  $\beta$ -D manurónico (M) e o ácido  $\alpha$ -L-gulurónico (G), com ligações glicosídicas em  $\beta$ -(1,4). Estes monómeros distribuem-se nas moléculas repartidos em blocos de cerca de 20 unidades constituindo blocos homogéneos de ácido manurónico, blocos homogéneos de ácido gulurónico e blocos com alternância dos dois ácidos (McHugh, 1987). As macromoléculas são constituídas por estes blocos ligados em proporções variáveis, em função da espécie de alga, a parte da alga considerada, a idade da alga e o local de recolha desta (McHugh, 2003). As propriedades dos vários

alginatos diferem, dependendo da posição de cada unidade monomérica na cadeia, do peso molecular médio do polímero e da natureza dos seus contra iões associados (Khan *et al.*, 2009).

Admite-se que a função dos alginatos nas algas vivas está relacionada com a estrutura da parede celular e a coesão dos tecidos, a resistência e flexibilidade dos caules e a protecção contra a dissecação. O emprego comercial dos alginatos está ligado, basicamente, a estas mesmas propriedades (McHugh, 2003).

A obtenção do alginato de sódio assenta essencialmente nas seguintes etapas (Figura 3):

- a) obtenção das algas castanhas (matéria-prima);
- b) desmineralização (lixiviação em meio ácido para eliminação dos iões cálcio e transformação dos alginatos em ácido algínico) e eliminação de constituintes indesejáveis (manitol e sais minerais);
- c) extracção (moagem das algas desmineralizadas), digestão em meio alcalino (solubilização do ácido algínico), filtração e decantação (eliminação da celulose e proteínas);
- d) coagulação (precipitação com ácido mineral e lavagem e separação do precipitado);
- e) no final destas etapas obtém-se o alginato de sódio que é posteriormente sujeito a secagem e depois moído, constituindo assim o produto acabado (McHugh, 2003).



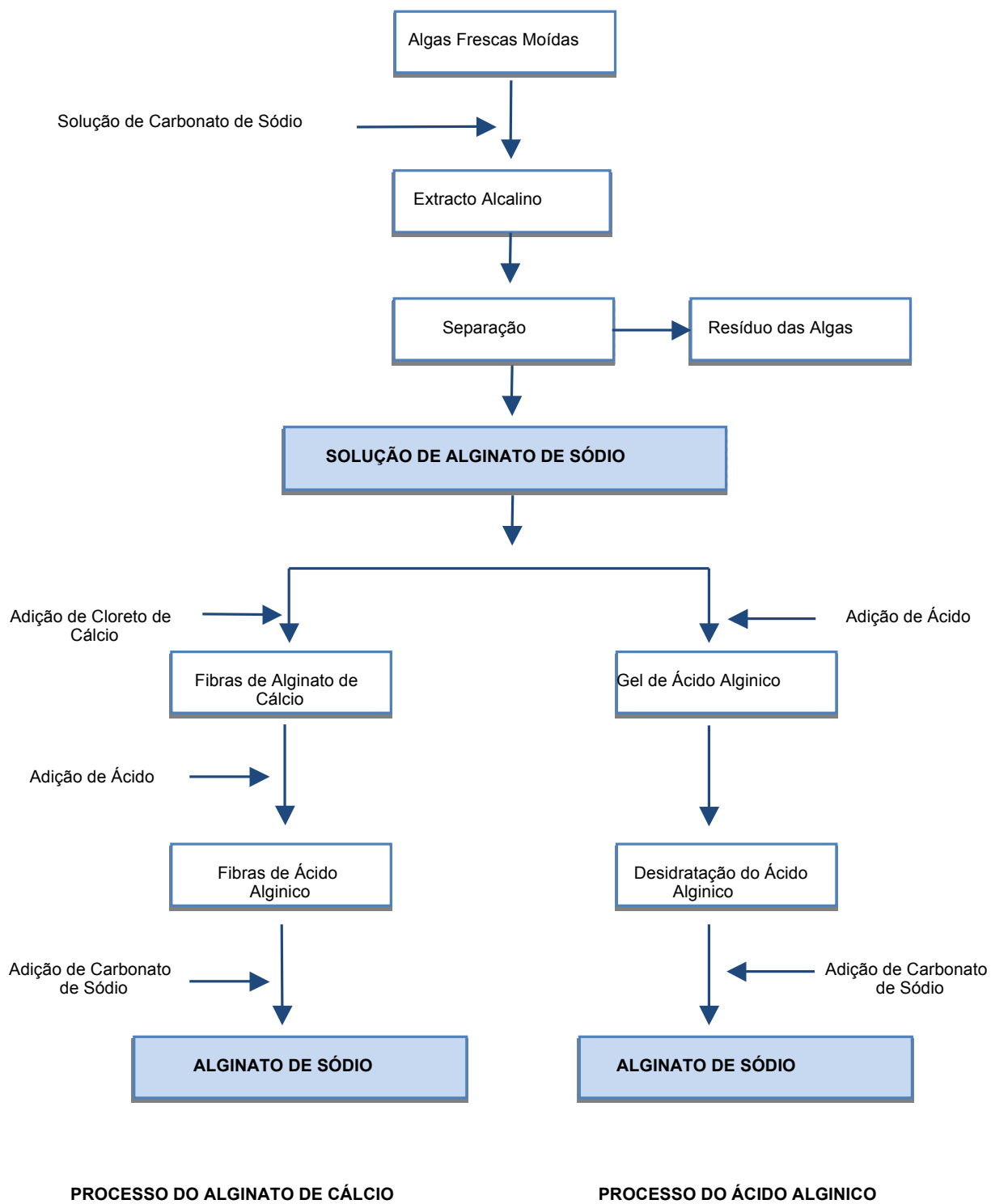


Figura 3 - Diagrama de produção de alginato de sódio (Adaptado de McHugh, 1987)

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Descrição do programa de trabalho

Após definidos os princípios e objectivos que levaram à realização deste estudo, foi estabelecido um programa de trabalho, iniciado com a calendarização de todas as actividades a efectuar, a caracterização da região e do ensaio, assim como todos os métodos de caracterização laboratorial das amostras de solo, de água e de material vegetal (Quadro 7).

Quadro 7 - Calendarização das actividades

| Semanas                          | Dezembro |    |    | Janeiro |   |   |   | Fevereiro |   |   |   | Março |    |    |    |    | Abril |    |    |    | Mai |
|----------------------------------|----------|----|----|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-------|----|----|----|----|-------|----|----|----|-----|
| Actividades                      | 50       | 51 | 52 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5         | 6 | 7 | 8 | 9     | 10 | 11 | 12 | 13 | 14    | 15 | 16 | 17 | 18  |
| 1 - Escolha do campo             |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 2 - Caract. físico-química campo |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 3 - Caract. Climática            |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 4 - Metodologia                  |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 5 - Instalação                   |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 6 - Desenvolvimento              |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 7 - Análises de solos            |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 8 - Análises de águas            |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 9 - Colheitas de plantas         |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 10 - Produção (Colheita de grão) |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 11 - Qualidade                   |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |
| 12 - Resultados                  |          |    |    |         |   |   |   |           |   |   |   |       |    |    |    |    |       |    |    |    |     |

Assim, as actividades realizadas foram as seguintes:

- 1 – Escolha de um campo de ensaio a instalar em condições normais de cultivo;
- 2 – Caracterização físico-química do solo (1 amostra por bloco) [análise sumária: textura de campo, pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl) e teores de matéria orgânica, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O extraíveis] e teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, de cálcio e de magnésio de troca e de ferro, de cobre, de zinco e de manganês extraíveis;
- 3 – Caracterização do clima do local de ensaio e monitorização dos elementos climáticos, através da estação meteorológica da Agrotejo, localizada na Golegã;
- 4 – Definição e caracterização da metodologia de trabalho;
- 5 – Acompanhamento da instalação do campo de ensaio e das parcelas experimentais, desde a preparação do terreno, marcação das parcelas, distribuição dos adubos de fundo a ensaiar e sementeira manual;
- 6 – Acompanhamento do desenvolvimento da cultura, de todas as fases fenológicas durante o ciclo cultural. Foi considerado o final do ciclo cultural na semana 18;
- 7 – Colheita de amostras de água de rega para realização de uma análise geral para avaliação da aptidão para rega [teores de bicarbonatos, boro, cálcio, cloretos, condutividade eléctrica, magnésio, nitratos, sódio, pH e razão de adsorção de sódio (RAS)];

8 – Colheita do grão de ervilha para determinação da produção total comercial; da matéria seca, e dos teores de N Kjeldahl, de fósforo, de potássio, de sódio, de cálcio, de magnésio, de ferro, de cobre, de zinco e de manganês;

9 – Colheita de amostras de terra para análise sumária, bases de troca e N mineral (1 amostra por talhão e bloco);

10 – Avaliação da qualidade da produção de ervilha (pretende-se que a colheita seja realizada com um grau tenderométrico entre 110-130 psi e a percentagem de sólidos insolúveis no álcool entre 12 e 16);

11 – Apresentação e discussão dos resultados, após a realização de todas as actividades, de modo a verificar os fundamentos propostos no início do estudo.

### 3.2. Caracterização da região onde foi conduzido o ensaio experimental

O campo de ensaio, pertencente ao produtor Sociedade Agrícola do Barracão do Duque, S.A., localiza-se na Golegã, integrado nos aluviões do Tejo (Figura 4), na freguesia da Golegã, concelho da Golegã, distrito de Santarém.

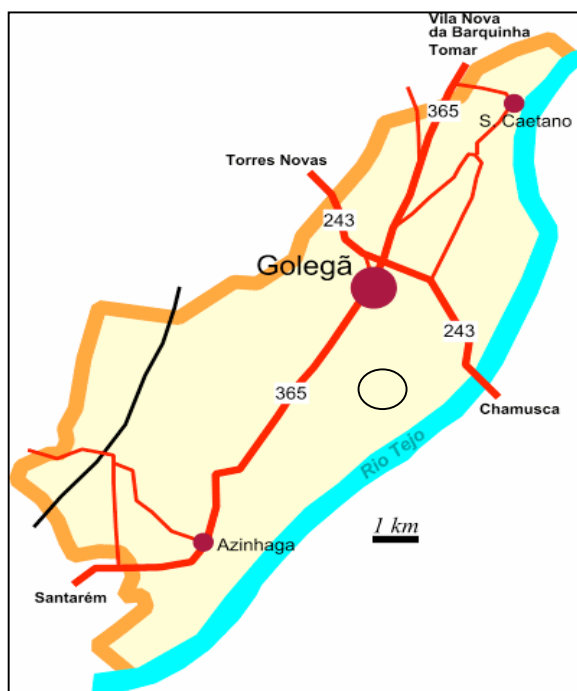


Figura 4 – Localização do campo de ensaio (Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2006)

#### 3.2.1. Caracterização edafo-climática

##### 3.2.1.1. Caracterização do solo

Do ponto de vista geológico, a plataforma onde assenta o campo da Golegã é constituída por aluviões recentes de origem fluvial e arenitos de rocha sedimentares, provenientes das rochas metamórficas que compõem o complexo xisto grauváquico e das eruptivas, como granitos e outras rochas granitóides, com origem no maciço antigo, que sofrem transporte, deposição e erosão física por via fluvial (Cardoso, 1965).

O solo onde foi instalado o ensaio foi classificado como um Aluviossolo Moderno, de acordo com a carta de solos pela classificação portuguesa (Anexo 1) e como Fluvisolo de acordo com a classificação da FAO-UNESCO (FAO/UNESCO, 1988), produzida à escala 1/1000000 pelo Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente em 1980 (Figura 5).

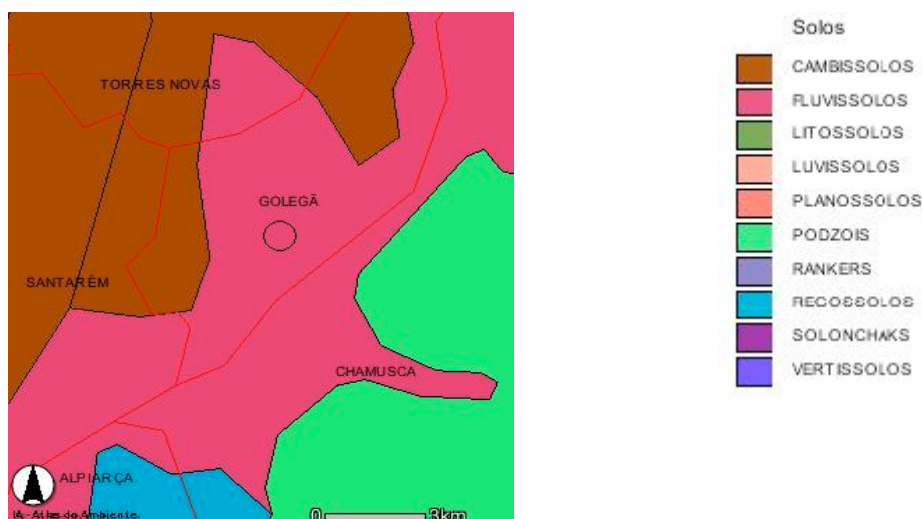


Figura 5 - Carta de solos do Vale do Tejo (Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2006)

Pela classificação portuguesa, os aluviossolos modernos recebem em geral, periodicamente, adições de sedimentos aluvionares; são solos não hidromórficos, constituídos por depósitos estratificados de aluviões; pH entre 6,5 e 7,5; em muitos casos, a toalha freática encontra-se a menos de 2 metros de profundidade; relevo plano ou quase plano; encontram-se geralmente humedecidos e fortemente influenciados na sua economia de água, vegetação e biologia pela presença dessa toalha freática (Cardoso, 1965).

Na classificação da FAO-UNESCO (FAO/UNESCO, 1988) os fluvissolos encontram-se nos vales de rios, formando, em Portugal, as lezírias dos Vales do Tejo e do Mondego.

A classificação da capacidade de uso do solo é uma classificação interpretativa em que as unidades pedológicas são agrupadas de acordo com as potencialidades e limitações dos solos, isto é, de acordo com a sua capacidade para suportarem as culturas mais frequentemente cultivadas (com exclusão das arbustivas e arbóreas), que não necessitem de condições especiais, durante um período de tempo bastante longo e sem sofrerem deteriorações.

A classificação em classes de capacidade de uso foi obtida através da carta de capacidade de uso do solo produzida à escala 1/1000000 pelo Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente em 1980 (Figura 6).

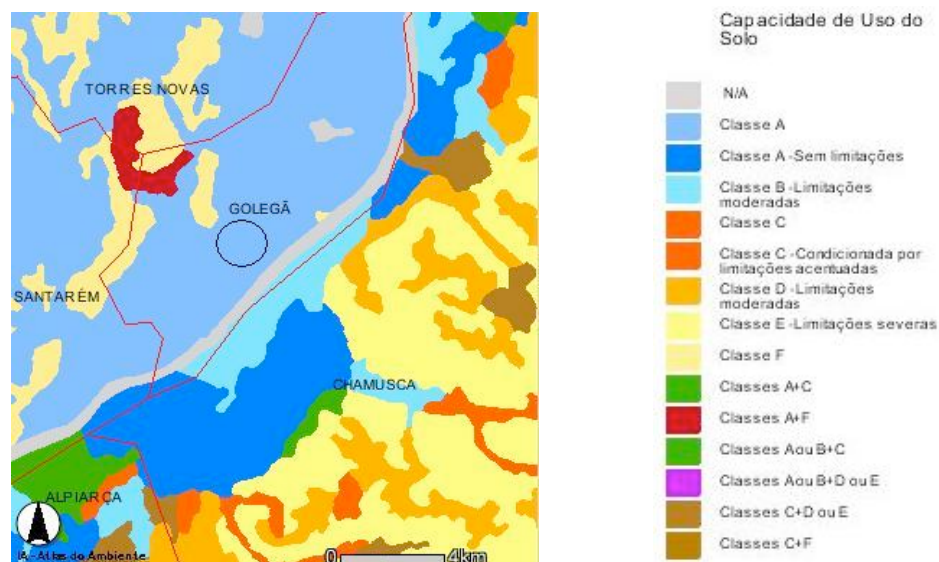


Figura 6 – Carta de capacidade de uso do Vale do Tejo (Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2006)

Esta classificação tem por base parâmetros como a natureza do solo, espessura efectiva do solo, erosão, disponibilidade de água no solo, pedregosidade, afloramentos rochosos e presença de sais tóxicos. Surgem então limitações resultantes dos solos e do clima em relação ao uso, exploração e produtividade do solo.

Na exploração onde se realizou o ensaio de campo foi identificada a classe de capacidade de uso A, perfazendo 100% da área de estudo, que apresenta as seguintes características que constam no Quadro 8.

Quadro 8 - Capacidade de uso de classe A

| Símbolo  | Designação                                     |
|----------|--|
| <b>A</b> | - poucas ou nenhuma limitações                 |
|          | - sem riscos de erosão ou com riscos ligeiros  |
|          | - susceptível de utilização agrícola intensiva |

Fonte: Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente (2006)

### 3.2.1.2. Caracterização do clima

A caracterização do clima onde decorreu o estudo teve por base os dados da estação meteorológica da Agrotejo, localizada na Golegã. No Quadro 9 apresentam-se os principais dados climáticos referentes ao período experimental, assim como os valores médios de um período de 30 anos (Anexo 2).

Quadro 9 - Dados climáticos relativos ao período em estudo (Janeiro de 2011 a Maio de 2011), comparativamente a um período de 30 anos (1961-1991) (Agrotejo - Estação Meteorológica da Golegã, 2011)

| Dados climáticos        | Média Janeiro |         | Média Fevereiro |         | Média Março |         | Média Abril |         | Média Maio |         | Total   |         |
|-------------------------|---------------|---------|-----------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|------------|---------|---------|---------|
|                         | 2011          | 30 Anos | 2011            | 30 Anos | 2011        | 30 Anos | 2011        | 30 Anos | 2011       | 30 Anos | 2011    | 30 Anos |
| Temperatura mínima (°C) | 5,14          | 5,80    | 3,58            | 5,20    | 6,72        | 6,10    | 11,37       | 7,10    | 14,08      | 8,40    |         |         |
| Temperatura média (°C)  | 9,16          | 10,30   | 10,00           | 9,80    | 12,08       | 10,90   | 17,53       | 12,50   | 19,61      | 14,10   |         |         |
| Temperatura máxima (°C) | 13,61         | 14,80   | 17,20           | 14,50   | 18,17       | 15,90   | 24,37       | 17,90   | 26,64      | 19,70   |         |         |
| Unidades de calor (°C)  | 144,31        | 179,80  | 153,92          | 164,30  | 235,04      | 179,20  | 390,77      | 248,00  | 468,32     | 288,00  | 1392,36 | 1059,30 |
| Precipitação (mm)       | 90,80         | 97,60   | 101,40          | 93,80   | 60,20       | 100,50  | 160,20      | 61,30   | 69,00      | 62,70   | 481,60  | 415,90  |
| Humidade relativa (mm)  | 89,00         | 79,00   | 88,00           | 91,00   | 83,00       | 88,00   | 77,00       | 82,00   | 79,00      | 77,00   |         |         |

O clima da zona da Golegã, mais genericamente do Vale do Tejo, segundo a classificação climática de Thornthwaite, marca em Portugal a transição entre o Sul, quente e seco, e o Norte, temperado e húmido. Com efeito, a latitude e o relevo conjugam-se para criar uma acentuada dissimetria na bacia, com a zona norte a apresentar clima húmido a super-húmido, enquanto que a sul do Tejo o clima é geralmente do tipo sub-húmido húmido. No entanto, o efeito da barreira da Serra da Estrela influi fortemente no clima a sotavento, de modo que na bacia do Pônsul, na margem direita do rio Tejo, junto à fronteira, se observam núcleos de clima sub-húmido a húmido, com baixas precipitações e escoamentos muito reduzidos.

Da análise dos dados climáticos relativos à estação meteorológica da Golegã, podemos concluir que durante o ciclo cultural da ervilha (Janeiro a Maio de 2011), a menor temperatura mínima verificou-se no mês de Fevereiro com uma temperatura média mensal de 3,6 °C e o valor mais elevado verificou-se no mês de Maio com uma temperatura média mensal de 14,1 °C. Comparativamente à média de 30 anos (1961-1991) durante o mesmo período (Janeiro a Maio), verificamos que a menor temperatura mínima verificou-se no mês de Janeiro com uma temperatura média mensal de 5,2 °C e o valor mais alto verificou-se, igualmente, no mês de Maio com uma temperatura média mensal de 10,4 °C.

As temperaturas que ocorreram em Janeiro de 2011 foram superiores ao zero vegetativo (4,5 °C), favorecendo a germinação e uma maior produção de biomassa promovendo o desenvolvimento do sistema radicular.

No mês de Janeiro, verificou-se o menor valor para a média de temperaturas máximas (13,6 °C), enquanto a maior média de temperaturas máximas (26,6 °C) registou-se em Maio durante o período de Janeiro a Maio 2011. Comparativamente com a média de 30 anos (1961-1991), verificamos que o

mês de Janeiro teve o menor valor para média de temperaturas máximas (14,5 °C), enquanto a maior média de temperaturas máximas (22,9 °C) registou-se em Maio.

Entre Janeiro e Maio de 2011, ocorreram temperaturas óptimas ao desenvolvimento vegetativo, compreendidas entre os 16-18 °C. Durante a floração e o vingamento das vagens (Abril) as temperaturas não foram superiores a 25 °C o que poderia comprometer a produtividade e qualidade.

Relativamente aos dados das temperaturas, quer mínimas quer máximas, verificamos que durante o período de Janeiro a Maio 2011 as temperaturas foram mais baixas entre Janeiro e Março e mais elevadas entre Abril e Maio, com maior amplitude térmica, quando comparadas com a média de 30 anos, durante o mesmo período.

O valor dos graus dia de crescimento é determinado a partir do somatório das temperaturas médias diárias acima dos 4,5 °C (zero vegetativo). Tal como nas temperaturas mínimas e máximas, os valores verificados nos graus dia também foram menores entre Janeiro e Março e maiores entre Abril e Maio, também quando comparadas com a média de 30 anos, durante o mesmo período. O número de graus dia de crescimento entre Janeiro e Maio 2011 foi de 1392,36 °dia e a média de 30 anos foi de 1059,30 °dia. O número de graus dia de crescimento entre Janeiro e Maio 2011 foi bastante superior à média dos 30 anos, o que antecipou e concentrou a maturação da generalidade das cultivares, principalmente em Maio.

O somatório da precipitação entre Janeiro e Maio de 2011 foi de 482,60 mm. O mês de Abril foi o mais chuvoso com o valor de 160,20 mm e o mês de Maio o menos chuvoso, registando-se contudo 69,00 mm. Pelo segundo ano consecutivo, esta forma de distribuição da precipitação ao longo do ano torna necessário semear mais tarde, não é possível concentrar florações e dificulta as colheitas, principalmente no mês de Abril. Apesar de ser a época em que, de um modo geral, a cultura da ervilha tem maiores necessidades hídricas para garantir um bom desenvolvimento e enchimento das vagens e controlo da maturação, o excesso de precipitação tem originado controlos de maturação irregulares e problemas fitossanitários.

Os valores médios mensais da média mensal da humidade relativa do ar foram elevados, sendo os meses de Janeiro e Fevereiro os mais húmidos, quer entre Janeiro e Maio 2011, quer na média de 30 anos, durante o mesmo período.



### 3.3. Caracterização do ensaio experimental

#### 3.3.1. Solo

Após a marcação dos blocos foi colhida, em cada um deles, uma amostra compósita de terra para caracterização geral. No quadro 10 apresentam-se as características físico-químicas do campo experimental, observadas no início do ensaio.

Quadro 10 - Características físico-químicas do solo do campo experimental, por bloco

| Parâmetros  | Bloco 1        | Bloco 2        | Bloco 3        | Bloco 4        | Média  | Desvio Padrão |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|---------------|
| Textura   | Franco-arenosa | Franco-arenosa | Franco-arenosa | Franco-arenosa |        |               |
| Mat. Org. (%)   | 2,59           | 1,98           | 1,67           | 2,88           | 2,28   | 0,55          |
| pH (H <sub>2</sub> O)                                 | 8,23           | 8,30           | 8,23           | 8,41           | 8,29   | 0,09          |
| pH (KCl)  | 7,08           | 7,04           | 7,16           | 7,20           | 7,12   | 0,07          |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | 11,03          | 11,50          | 10,78          | 26,94          | 15,06  | 7,93          |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,75           | 0,42           | 1,30           | 0,71           | 0,79   | 0,37          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )  | 493,30         | 635,00         | 324,40         | 1066,00        | 629,68 | 317,38        |
| K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )               | 308,00         | 354,00         | 160,00         | 140,00         | 240,50 | 106,49        |
| Ca (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 11,67          | 8,05           | 8,27           | 11,62          | 9,90   | 2,01          |
| Mg (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 1,07           | 0,67           | 0,72           | 0,81           | 0,82   | 0,18          |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 9,60           | 6,20           | 5,70           | 6,40           | 6,98   | 1,77          |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 119,60         | 98,30          | 84,30          | 124,20         | 106,60 | 18,66         |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 75,30          | 48,50          | 54,40          | 65,80          | 61,00  | 11,94         |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )                             | 5,20           | 7,10           | 3,20           | 7,50           | 5,75   | 1,97          |

De acordo com o manual de fertilização das culturas do Laboratório Química Agrícola Rebelo da Silva (LQARS, 2000), trata-se de um solo de textura ligeira, pouco alcalino, com teores médios de matéria orgânica e teores muito altos de fósforo extraível. O teor de potássio extraível é alto nos blocos 3 e 4 e muito alto nos blocos 1 e 2. O teor de cálcio de troca é médio nos blocos 2 e 3 e alto nos blocos 1 e 4 e os teores de magnésio de troca é baixo em todos os blocos. O solo apresenta, ainda, teores extraíveis muito altos de ferro, altos de manganês e de zinco e médios de cobre.

As diferenças dos valores de fósforo e potássio extraíveis entre os blocos 1 e 2 e os blocos 3 e 4 devem-se sobretudo ao precedente cultural. Nos blocos 1 e 2 o precedente cultural foi milho e nos blocos 3 e 4 foi batata. De acordo com LQARS (2000), a exportação de potássio pela cultura da batata (tubérculos) para uma produtividade de 25 t ha<sup>-1</sup> é de 230 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e a da cultura do milho (grão) para uma produtividade de 10 t ha<sup>-1</sup> é de 167 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, o que justifica o teor de potássio extraível muito alto nos blocos 1 e 2 onde a exportação pela cultura do milho foi menor, comparativamente à cultura da batata nos blocos 3 e 4.

A absorção de fósforo na cultura da batata tem um efeito determinante, porque condiciona o número de tubérculos por planta, determinando a produção final e aumenta o teor de polissacáridos, em particular o amido da batata (Santos, 1996). Assim, a quantidade aplicada deste elemento, para

as produções históricas do produtor de 50 t ha<sup>-1</sup>, serão certamente elevadas, justificando em parte o teor de fósforo extraível muito alto no bloco 4.

### 3.3.2. Delineamento e tratamentos experimentais

O ensaio foi delineado em blocos completamente casualizados. O dispositivo experimental ficou constituído por quatro blocos, com quatro tratamentos cada, aplicados a talhões de 6,0 m<sup>2</sup> (6,0mx1,0m).

Os tratamentos experimentais considerados foram os seguintes:

- 1 – Testemunha
- 2 – NPK
- 3 – NPK + PGA
- 4 – NPK + Algin

No primeiro tratamento foi instalada a testemunha sem a aplicação de quaisquer nutrientes.

No segundo tratamento foi aplicada a razão de 285 kg ha<sup>-1</sup> (171 g por talhão) de um adubo composto NPK (7-18-27), correspondendo a 20 kg de N, 51,4 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 77 kg de K<sub>2</sub>O por hectare.

No terceiro tratamento foi aplicada a formulação NPK+ PGA, que correspondeu à mesma razão do adubo NPK + um regulador nutricional vegetal, que tem como componente principal o ácido poli-γ-glutâmico. Além disso, contém fitohormonas benéficas, como auxina e citocianina. Ou seja, os grânulos da formulação NPK foram revestidos com ácido poli-γ-glutâmico.

No quarto tratamento foi aplicada a formulação NPK+ Algin, que correspondeu à mesma razão do adubo NPK + alginato de sódio. O alginato de sódio (Algin) é extraído de algas marinhas castanhas e funciona como melhorador das características físicas dos grânulos do adubo. Nesta formulação, os grânulos de NPK foram revestidos com alginato de sódio.

A área total do campo de cultivo foi de 47 ha, onde estavam inseridos os quatro blocos experimentais, nos quais foram aplicados os quatro tratamentos por casualização completa. Cada tratamento foi cultivado com ervilha (*Pisum sativum* L., cv. “Azarro”).

Os dados recolhidos em 4 campanhas da “Bonduelle” mostraram que a cultivar “Azarro” apresenta, em média, um ciclo de 103 dias, um somatório de temperaturas acumuladas de 866,3 °dia, 134,8 psi (grau tenderométrico), 16,0% de AIS (% de sólidos insolúveis no álcool) e uma produção média de 7,9 t ha<sup>-1</sup> (Quadro 11).

Quadro 11 – Caracterização da cultivar “Azarro”, relativamente à duração do ciclo, somatório de temperatura, grau tenderométrico, AIS e produtividade, em quatro ciclos culturais

| Campanha     | Ciclo      | Σ Temperatura | Grau Tenderométrico | AIS         | Produtividade      |
|--------------|------------|---------------|---------------------|-------------|--------------------|
|              | (dias)     | (° dia)       | (psi)               | (%)         | t ha <sup>-1</sup> |
| 2011         | 101        | 836,0         | 127,5               | 15,6        | 6,1                |
| 2010         | 109        | 859,4         | 134,9               | 15,9        | 7,6                |
| 2009         | 97         | 874,4         | 131,7               | 15,1        | 8,9                |
| 2008         | 106        | 895,2         | 145,3               | 17,3        | 9,2                |
| <b>Média</b> | <b>103</b> | <b>866,3</b>  | <b>134,8</b>        | <b>16,0</b> | <b>7,9</b>         |

O sistema de rega do campo de ensaio foi por pivot e aspersão (cobertura fixa).

Na preparação do terreno foi realizada uma operação com uma alfaia combinada, composta por discos, chisel e um rolo, de modo a destruir e enterrar os restos das culturas anteriores (milho e batata) e a deixar o solo bem nivelado, esmiuçado e sem torrões, de forma a permitir uma sementeira homogénea.

Os talhões dos quatro blocos experimentais de ervilha foram semeados manualmente, com um semeador de ensaios, no dia 22/01/2011 com uma densidade de sementeira de 900.000 sementes ha<sup>-1</sup> e uma população produtiva de 810.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A população produtiva de ervilha foi determinada no dia 03/03/2011, através de contagens de germinação. Estas foram realizadas numa área de 0,25 m<sup>2</sup> (0,5mx0,5m), escolhida aleatoriamente nos talhões experimentais, através de um arco com a respectiva área.

### 3.3.3. Práticas culturais

A rega, o controlo de infestantes e os tratamentos fitossanitários realizados nos talhões experimentais de ervilha foram realizadas de acordo com as indicações do Departamento Agrícola da Bonduelle Portugal e conforme o caderno de seguimento das parcelas (Anexo 3).

A apreciação da aptidão da água para rega é habitualmente feita em função dos problemas que do seu uso continuado poderão resultar para os solos ou para as plantas, problemas esses susceptíveis de ser previstos a partir dos resultados da sua análise (LQARS, 2000).

Tal apreciação poderá fazer-se de acordo com a comparação dos valores obtidos (Quadro 12) e os valores do guia interpretativo da qualidade das águas para rega (Anexo 4).

Quadro 12 – Resultados da análise geral da água de rega

| Determinações   | Resultados |           |
|---|------------|-----------|
|   | 22-Jan-11  | 18-Abr-11 |
| pH  | 7,05       | 7,93      |
| Condutividade eléctrica (mS/cm)   | 1,028      | 1,198     |
| RAS   | 0,60       | 0,70      |
| CSR   | -9,80      | -7,05     |
| Bicarbonatos (meq HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> L <sup>-1</sup> )         | 4,94       | 5,50      |
| Carbonatos (meq L <sup>-1</sup> )   | —          | < 0,2     |
| Cloretos (mg Cl L <sup>-1</sup> )   | 71,00      | 85,20     |
| Cálcio (mg Ca L <sup>-1</sup> )   | 215,50     | 206,00    |
| Magnésio (mg Mg L <sup>-1</sup> )   | 21,10      | 27,00     |
| Sódio (mg Na L <sup>-1</sup> )  | 31,50      | 40,10     |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg L <sup>-1</sup> )            | 31,63      | 2,00      |
| Azoto nítrico (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg N L <sup>-1</sup> )   | 7,14       | 0,45      |
| Azoto amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg N L <sup>-1</sup> ) | 0,20       | 0,04      |
| Azoto mineral (mg N L <sup>-1</sup> )                                     | 7,34       | 0,49      |

Assim, verificamos que os valores do pH da água de ambas as colheitas, estão dentro dos limites normais (6,5 – 8,4); o valor da condutividade eléctrica está no GRAU 2 – água com restrições ligeiras a moderadas à acumulação de sais no solo; o valor dos cloretos também está dentro do GRAU 1 – sem restrições; o valor dos bicarbonatos está dentro do GRAU 1 – sem restrições; o valor do sódio está dentro do GRAU 1 – sem restrições, assim como a Razão de Adsorção do Sódio (RAS). Pelos valores apresentados podemos referir que a água tem aptidão para rega, pois em termos gerais os valores que ultrapassam o GRAU 1 estão no limite de poder ser utilizada sem riscos. É de realçar na colheita de 22/01/11, que o valor dos nitratos é moderado (25-50 mg L<sup>-1</sup>) e está dentro do GRAU 2 – água com restrições ligeiras a moderadas para uso na rega. Na colheita de 18/04/11, o valor dos nitratos é baixo (< 25 mg L<sup>-1</sup>) está dentro do GRAU 1 – sem restrições, certamente devido ao aumento do volume de água no furo e de seis meses de muita precipitação (908 mm) diminuindo a concentração dos nitratos.

Durante a fase da floração da ervilha é fundamental uma correcta gestão da rega, para concentrar, ao máximo, os entrenós florais, de modo a que o desenvolvimento das vagens seja o mais homogéneo possível, no entrenó e entre entrenós, para posteriormente não se verificarem diferenças tenderométricas entre os grãos das vagens. Apesar desta fase ser muito critica, sempre que as condições climáticas o permitam, é necessário durante um período muito curto, dependendo do tipo de solo, reduzir a água quando a cultura está próxima da plena floração (> 80% das plantas com flor) situação que não foi possível controlar devido à precipitação ocorrida (160,20 mm) durante esse período (Anexo 2).

A aplicação do herbicida foi realizada em pós-emergência em 15/03/2011. Foi também aplicado um insecticida para controlar alguns insectos de solo e algumas pragas, principalmente a larva de dípteros (*Delia* spp.), proveniente do precedente cultural, a batata, e das culturas adjacentes, como o brócolo e a cebola (Quadro 13). Os dípteros adultos fazem as posturas no solo e depois da incubação as larvas atacam as raízes, sementes e caules.

Quadro 13 – Controlo de infestantes e larva de dípteros na cultura da ervilha

| Data de aplicação                        | Matéria-activa (formulação)               | Produto comercial | Dose                 | Intervalo de segurança (dias) | Acção                            |
|--|---|-------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 15/03/2011<br><br>(3 folhas verdadeiras) | bentazona (480 g L <sup>-1</sup> )        | Basagran          | 1,3 l <sup>-1</sup>  | IS                            | Folhas largas e estreitas anuais |
|  | + pendimentalina (330 g L <sup>-1</sup> ) | Prowl             | 1,7 l <sup>-1</sup>  |                               |                                  |
|  | clorpirifos (480 g L <sup>-1</sup> )      | Dursban 4         | 1,0 kg <sup>-1</sup> | 14                            | Larva de dípteros                |

O outro tratamento fitossanitário foi realizado no dia 06/04/2011, com um fungicida para duas doenças chave na cultura da ervilha, o míldio (*Peronospora pisi* spp.) e a antracnose (*Ascochyta pisi* spp.). Este tratamento foi realizado preventivamente, para que estas doenças não provocassem más fecundações das flores e originassem poucos vingamentos das vagens. Após formadas as vagens, também podem provocar abortamentos dos grãos, manchas amareladas ou acastanhadas e eventualmente pequenas protuberâncias superficiais nas vagens (Quadro 14).

Quadro 14 – Tratamento fitossanitário realizado durante o ciclo cultural da ervilha

| Data de aplicação                      | Matéria-activa (formulação)            | Produto comercial | Dose                 | Intervalo de segurança (dias) | Acção                     |
|--|--|-------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 06/04/2011<br>(8-9 folhas verdadeiras) | azoxistrobina (250 g L <sup>-1</sup> ) | Ortiva            | 1,0 kg <sup>-1</sup> | 14                            | Antracnose<br>+<br>Míldio |

### 3.3.4. Colheita de amostras de terra, de água e de grão de ervilha

No seguimento do programa de trabalho estabelecido anteriormente, as colheitas de amostras de terra, de água e de grão foram efectuadas nos talhões experimentais de ervilha e de acordo com os procedimentos estabelecidos e as normas do manual de fertilização das culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS, 2000).

As colheitas de amostras de grão efectuadas nos talhões experimentais de ervilha, foram realizadas mecanicamente com a colhedora automatizada, para que, assim, os resultados da produção fossem reais e comparáveis com os resultados do campo de cultivo.

### 3.3.5. Métodos de caracterização laboratorial

#### 3.3.5.1. Métodos utilizados para a caracterização físico-química do solo

Os métodos laboratoriais usados na análise de terras foram os habitualmente utilizados no Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas (DCEB) e que seguidamente se referem.

As terras foram previamente secas ao ar e crivadas com um crivo de malha de 2 mm. Todas as determinações foram realizadas na terra fina (fracção de solo de dimensão inferior a 2 mm).

O pH foi determinado numa suspensão solo/água (pH H<sub>2</sub>O) e solo/solução 1M de KCl (pH KCl) na proporção de 1:2,5 (p/v) (Póvoas e Barral, 1992). O carbono orgânico foi determinado por oxidação por via húmida (Tinsley, 1950). A matéria orgânica é calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo factor empírico 1,724, considerando que a matéria orgânica contém 58% de carbono,

As bases de troca foram obtidas pelo método do acetato de amónio 1M (Schollenberg e Simon, 1945) e determinadas por espectrofotometria de absorção atómica.

O fósforo e potássio disponíveis foram extraídos pelo método de Egnér-Rhiem (Egnér *et al.*, 1960) e quantificados por espectrofotometria de absorção molecular no caso do fósforo e por fotometria de chama no caso do potássio.

Para a extracção dos micronutrientes Fe, Cu, Zn e Mn extraíveis utilizou-se uma solução de ácido acético 0,5M, acetato de amónio 0,5M e EDTA 0,02 M (Lakanen e Ervio, 1971) e o doseamento foi efectuado por espectrofotometria de absorção atómica.

A extracção do azoto nítrico e amoniacal foi efectuada com cloreto de potássio (KCl) 2 M. O doseamento foi efectuado por espectrofotometria de absorção molecular num autoanalisador de fluxo segmentado (Mulvaney, 1996). O azoto nítrico foi determinado utilizando o método da sulfanilamida, após redução dos nitratos em coluna de cádmio e o azoto amoniacal foi determinado pelo método de Berthelot.

O azoto “total” foi determinado pelo método de Kjeldhal (Horneck e Miller, 1998).

### 3.3.5.2. Métodos utilizados para a caracterização química do grão

A determinação do azoto foi efectuada recorrendo ao método de Kjeldhal (Horneck e Miller 1998). Os restantes nutrientes, P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn e Cu foram quantificados no extracto obtido após mineralização da amostra a 550 °C, seguida de solubilização dos sólidos não voláteis remanescentes com HCL 3M (Marti & Muñoz 1957). No extracto assim obtido quantificou-se o fósforo por espectrofotometria de absorção molecular e os restantes nutrientes por espectrofotometria de absorção atómica.

### 3.3.5.3. Métodos utilizados para a caracterização físico-química da água

Para a caracterização das amostras de água de rega utilizaram-se os métodos habitualmente seguidos no laboratório de análises do DCEB (Vasconcelos, 2005).

O pH e a condutividade foram determinados através de leitura directa num potenciómetro e num condutímetro respectivamente, para a determinação dos cloretos utilizou-se o método de Mohr, para a determinação dos bicarbonatos e carbonatos utilizou-se o método volumétrico por neutralização e o doseamento do Ca, Mg, Na foi efectuado por espectrofotometria de absorção atómica após prévia diluição da amostra. O azoto nítrico e amoniacal foi determinado por espectrofotometria de absorção molecular recorrendo a um auto-analisador de fluxo segmentado de marca Skalar utilizando o método da sulfanilamida, após redução dos nitratos em coluna de cádmio, para o azoto nítrico e o método de Berthelot para o azoto amoniacal. Para o cálculo da razão de absorção do sódio (RSA) e do carbonato de sódio residual (CSR) utilizaram-se as expressões abaixo indicadas:

$$RSA = \frac{Na^+}{\sqrt{[(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]}}$$

$$CSR = [(CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

### **3.4. Método de análise estatística dos dados experimentais**

Para avaliar se houve influência dos tratamentos sobre as características produtivas e qualitativas da ervilha, utilizou-se o programa Statistica® (Neter *et al.*, 1990).

Foram considerados os parâmetros experimentais avaliados: a produção comercial de ervilha, o grau tenderométrico e a % de sólidos insolúveis no álcool.

No tratamento estatístico dos dados experimentais obtidos recorreu-se à análise de variância (Anova) considerando um delineamento em blocos casualizados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tentativa de simplificar a avaliação e análise dos resultados, apresentamos a monitorização da produção comercial, grau tenderométrico (GT) e % de sólidos insolúveis no álcool (AIS) dos grãos de ervilha correspondentes aos diferentes blocos e tratamentos experimentais considerados, assim como as características físico-químicas dos solos e composição dos grãos de ervilha correspondentes (Anexo 5).

Todo o estudo e resultados foram realizados e obtidos em condições normais de cultivo, sem alterar as exigências da indústria e as práticas culturais do produtor.

##### 4.1. Monitorização da produção, grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis de álcool

No Quadro 15 apresentam-se a produção, o grau tenderométrico (GT) e % de sólidos insolúveis no álcool (AIS) de cada tratamento experimental por talhão e bloco.

Da análise estatística efectuada à produção conclui-se que não existem diferenças significativas entre tratamentos experimentais ( $F = 0,17 < F_{\text{critico}} = 3,86$ ) e não existem diferenças significativas entre blocos ( $F = 2,68 < F_{\text{critico}} = 3,49$ ) (Anexo 6, Quadro 3).

Quadro 15 – Produção, grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis no álcool de cada tratamento experimental, por talhão e bloco

| Bloco         | Talhão | Tratamento  | Produção (kg)   |       | GT<br>psi | AIS<br>% |
|---------------|--------|-------------|-----------------|-------|-----------|----------|
|               |        |             | 6m <sup>2</sup> | 1 ha  |           |          |
| 1             | 1      | Testemunha  | 5,04            | 8400  | 107       | 13,95    |
| 2             |        |             | 2,38            | 3967  | 140       | 16,60    |
| 3             |        |             | 3,48            | 5800  | 156       | 17,60    |
| 4             |        |             | 5,06            | 8433  | 145       | 16,95    |
| Média         |        |             | 3,99            | 6650  | 137       | 16,28    |
| Desvio Padrão |        |             | 1,30            | 2173  | 21        | 1,60     |
| 1             | 2      | NPK         | 2,44            | 4067  | 114       | 14,55    |
| 2             |        |             | 3,78            | 6300  | 125       | 15,65    |
| 3             |        |             | 3,39            | 5650  | 157       | 19,10    |
| 4             |        |             | 6,22            | 10367 | 141       | 16,55    |
| Média         |        |             | 3,96            | 6596  | 134       | 16,46    |
| Desvio Padrão |        |             | 1,61            | 2683  | 19        | 1,94     |
| 1             | 3      | NPK + PGA   | 4,61            | 7683  | 109       | 14,20    |
| 2             |        |             | 2,78            | 4633  | 136       | 16,20    |
| 3             |        |             | 4,21            | 7017  | 145       | 17,05    |
| 4             |        |             | 3,60            | 6000  | 138       | 16,05    |
| Média         |        |             | 3,80            | 6333  | 132       | 15,88    |
| Desvio Padrão |        |             | 0,80            | 1328  | 16        | 1,20     |
| 1             | 4      | NPK + Algin | 3,34            | 5567  | 120       | 15,10    |
| 2             |        |             | 3,87            | 6450  | 129       | 15,75    |
| 3             |        |             | 3,97            | 6617  | 150       | 17,70    |
| 4             |        |             | 6,16            | 10267 | 155       | 17,40    |
| Média         |        |             | 4,34            | 7225  | 139       | 16,49    |
| Desvio Padrão |        |             | 1,25            | 2079  | 17        | 1,26     |



Apesar de não haver diferenças significativas em termos estatísticos, pode haver interesse agronómico nos resultados obtidos. Com efeito, no caso da formulação NPK + Algin (alginato de sódio), foi observada, em termos médios, uma produção comercial de ervilha 9,55% superior à obtida no tratamento NPK e 6,52% superior à proporcionada pela testemunha. A ervilha é usada como cultura intercalar, com um rendimento líquido baixo a moderado e, portanto, qualquer acréscimo que seja possível obter, que não seja em detrimento da qualidade, pode ser muito vantajoso para o produtor.

Por seu lado, a formulação NPK + PGA mostrou um desempenho positivo em relação à qualidade - homogeneização do grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis no álcool – e, portanto, contribui para a valorização comercial da ervilha.

Nos tratamentos com os bioestimulantes a produção é mais regular e homogénea, como se pode verificar pelo menor desvio padrão desses tratamentos (Anexo 6, Quadro 2).

A produção superior obtida na formulação NPK + Algin poderá ter-se devido, principalmente, às propriedades do alginato de sódio que permite criar uma fina capa hidratante sobre diferentes superfícies, melhorando as características físicas dos grânulos do adubo composto NPK. Esta protecção proporciona que os nutrientes do adubo sejam gradualmente libertados e absorvidos pelas plantas, à medida que deles necessitam.

A composição química do adubo composto NPK é de 5,5 % de azoto amoniacal + 1,5 % de azoto nítrico; 18 % de pentóxido de fósforo solúvel em citrato de amónio neutro e água; 27 % de óxido de potássio solúvel em água (Anexo 7).

Verifica-se que o azoto total do adubo encontra-se predominantemente na forma amoniacal. Através do alginato de sódio, há uma redução gradual da actividade de nitrificação (passagem do N amoniacal a N nítrico, ou seja, da forma catiónica a aniónica). Na maior parte dos solos, a nitrificação é rápida, havendo uma conversão contínua de azoto orgânico a nítrico, com pequena ou nenhuma acumulação do ião amónio. Embora as plantas possam usar ambas as formas, o anião é muito mais móvel nos solos, por não ter tendência a ser adsorvido na matriz do solo e não formar compostos insolúveis. Atinge mais rapidamente as raízes mas também é facilmente perdido para a água de drenagem. Assim, uma vez que o azoto total do adubo encontra-se predominantemente na forma amoniacal, a possibilidade de ser perdido para a água de drenagem é menor, o que é particularmente importante nesta região de produção de ervilha, que integra as zonas consideradas vulneráveis à lixiviação dos nitratos para os aquíferos (Botelho, 2006).

O fósforo introduzido no solo pode ser indisponibilizado, por adsorção ou precipitação, antes que as plantas ou organismos do solo tenham tido oportunidade para o absorver, ou seja, dá-se a retenção do fósforo, através de um conjunto de processos que ocorrem no solo e influenciam a disponibilidade do elemento para as plantas (Santos, 1996). Um dos factores limitantes da biodisponibilidade deste nutriente é o valor do pH do solo e, proporcionalmente, a quantidade de cálcio presente, quer no complexo de troca, quer na solução do solo. As parcelas dos tratamentos experimentais têm o pH do solo ligeiramente alcalino e um teor médio de cálcio de troca,

proporcionando que o fósforo se mantenha no solo na forma absorvível pelas plantas (Varenes, 2003).

Os adubos na forma granulada aumentam a biodisponibilidade do fósforo, porque a dissolução dos grânulos vai ser lenta, dado que apresentam uma baixa superfície específica, e prolonga-se por um maior período. Esta libertação lenta vai permitir que as plantas absorvem o elemento antes que seja fortemente retido no solo. Os grânulos do adubo quando revestidos com alginato de sódio apresentam características físicas mais favoráveis, potenciando ainda mais a disponibilidade do fósforo para as plantas, como referido anteriormente.

O potássio (K) de troca e em solução está facilmente acessível às plantas constituindo as principais formas como as plantas o absorvem. O potássio da solução, se não for adsorvido e/ou fixado, respectivamente no complexo de troca ou nos minerais de argila, será facilmente arrastado pelas águas, em particular nos solos de textura mais ligeira uma vez que, com outros componentes da solução do solo, apenas forma compostos de elevada solubilidade.

As plantas exportam grandes quantidades de potássio. Se este é abundante na solução de solo, pode ser absorvido pelas plantas em consumo de luxo, de que resulta um desperdício do elemento. Mas, como referido anteriormente para o azoto e o fósforo, o revestimento dos grânulos do adubo com alginato de sódio proporciona uma libertação controlada do potássio permitindo, também, que este nutriente seja mais eficientemente utilizado pelas plantas e, portanto, não tão facilmente arrastado para fora do alcance das raízes destas.

A formulação NPK + PGA conduziu à menor produção comercial de ervilha, embora sem diferenças estatisticamente significativas relativamente aos outros tratamentos experimentais. Contudo, apresentou a melhor regularidade e homogeneidade em todos os blocos, em relação à produção, grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis no álcool, como se pode verificar pelo menor desvio padrão, apresentado no Quadro 15, o que é certamente satisfatório em termos qualitativos e mais valorizados ao produtor.

O PGA usado nesta formulação, é um regulador nutricional vegetal, que tem como componente principal o ácido poli- $\gamma$ -glutâmico. O  $\gamma$ -PGA tem enormes funcionalidades e potencialidades, nomeadamente, na agricultura (Shih e Van, 2001; Bajaj e Singhal, 2011). Na indústria da produção de fertilizantes, o  $\gamma$ -PGA tem aplicação potencial na constituição de matrizes para revestimento e encapsulação de nutrientes, permitindo a libertação controlada destes e, assim, melhorar o rendimento e a qualidade das culturas. Apresenta, ainda, muitas vantagens como baixa toxicidade, elevada biodegradabilidade e características ambientalmente favoráveis (Shih e Van, 2001; Chen *et al.*, 2005; King *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008).

Tal como referido anteriormente, o alginato de sódio parece ter permitido uma libertação controlada de NPK, mais sincronizada com as necessidades da cultura, ao longo do seu ciclo produtivo. O ácido poli- $\gamma$ -glutâmico parece ter manifestado essa mesma função mas de uma forma mais reduzida e gradual.

Para além de inúmeros factores, como a cultivar, o tipo de solo ou a rega, entre outros, o AIS é, em geral, directamente proporcional ao grau tenderométrico. A análise estatística efectuada aos

dados relativos a esta variável mostrou a não existência de diferenças significativas entre tratamentos ( $F = 0,75 < F_{\text{critico}} = 3,86$ ). Pelo contrário existiram diferenças significativas entre blocos ( $F = 27,10 < F_{\text{critico}} = 3,86$ ) (Anexo 6, Quadro 6). Também da análise estatística efectuada ao AIS, conclui-se que não existem diferenças significativas entre tratamentos ( $F = 0,79 < F_{\text{critico}} = 3,86$ ) e existem diferenças significativas entre blocos ( $F = 20,17 < F_{\text{critico}} = 3,86$ ) (Anexo 6, Quadro 9).

A diferença significativa entre blocos, tanto no respeitante ao grau tenderométrico como ao AIS, deve-se à textura do campo de ensaio e ao precedente cultural. Apesar de os quatro blocos apresentarem a mesma textura (franco-arenosa), do bloco 1 para o bloco 4 há diferenças, tendo o bloco 1 uma textura mais franca e o bloco 4 uma textura mais arenosa, tal como se pode verificar pela evolução do grau tenderométrico dos grãos de ervilha obtidos em cada um dos blocos no campo experimental. O precedente cultural nos blocos 1 e 2 foi milho e nos blocos 3 e 4 foi batata, originando diferentes graus de infecção de antracnose (*Ascochyta pisi*). Assim a incidência do fungo nos blocos 1 e 2 foi menor do que nos blocos 3 e 4. Logo, a conjugação dos dois factores (textura do solo e incidência de doença) permite uma evolução mais rápida do grau tenderométrico e do AIS, obrigando a uma colheita mais precoce, sempre que possível.

#### 4.2. Monitorização da composição físico-química do solo

No Quadro 16 apresentamos a média da caracterização físico-química do material terroso dos tratamentos experimentais, após a colheita da ervilha.

Quadro 16 – Características físico-químicas do solo de cada tratamento experimental

| Parâmetros  |               | Tratamentos |        |           |             |
|---|---------------|-------------|--------|-----------|-------------|
|   |               | Testemunha  | NPK    | NPK + PGA | NPK + Algin |
| Mat. Org. (%)   | Média         | 1,38        | 1,57   | 1,51      | 1,63        |
|   | Desvio Padrão | 0,30        | 0,36   | 0,30      | 0,36        |
| pH H <sub>2</sub> O                                   | Média         | 7,54        | 7,56   | 7,67      | 7,69        |
|   | Desvio Padrão | 0,27        | 0,23   | 0,13      | 0,19        |
| pH KCl  | Média         | 6,88        | 6,96   | 6,94      | 6,96        |
|   | Desvio Padrão | 0,18        | 0,12   | 0,19      | 0,17        |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 15,95       | 13,43  | 15,08     | 16,04       |
|   | Desvio Padrão | 2,68        | 2,69   | 4,56      | 2,10        |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 2,21        | 2,21   | 2,13      | 2,23        |
|   | Desvio Padrão | 0,14        | 0,11   | 0,12      | 0,18        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )  | Média         | 460,45      | 422,90 | 405,20    | 583,65      |
|   | Desvio Padrão | 324,48      | 253,60 | 241,73    | 507,81      |
| K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )               | Média         | 245,75      | 223,00 | 198,50    | 218,75      |
|   | Desvio Padrão | 147,14      | 134,96 | 84,18     | 115,90      |
| Na (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )                       | Média         | 0,77        | 0,95   | 0,82      | 0,85        |
|   | Desvio Padrão | 0,10        | 0,19   | 0,10      | 0,14        |
| K (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )                        | Média         | 0,57        | 0,56   | 0,47      | 0,54        |
|   | Desvio Padrão | 0,30        | 0,30   | 0,19      | 0,26        |
| Ca (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )                       | Média         | 11,72       | 11,63  | 12,10     | 12,77       |
|   | Desvio Padrão | 1,92        | 1,33   | 1,15      | 2,14        |
| Mg (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )                       | Média         | 1,17        | 1,15   | 1,13      | 1,18        |
|   | Desvio Padrão | 0,17        | 0,10   | 0,12      | 0,15        |

Verificamos que, de uma forma geral, praticamente os valores de todos os elementos são superiores no tratamento experimental NPK + Algin, o que confirma as propriedades coloidais do alginato de sódio como polielectrólito aniónico de alta reactividade (pela sua estrutura linear polianiónica) tendo, portanto, o poder de actuar no solo como um excelente trocador de catiões.

Comparativamente à análise efectuada ao solo antes da instalação do ensaio (Quadro 9), verifica-se que os valores da matéria orgânica, do pH, quer em água quer em cloreto de potássio, do fósforo e do magnésio são inferiores e os valores do azoto nítrico, do azoto amoniacal, do potássio e do cálcio são superiores após a colheita da ervilha, devido, porventura, à decomposição dos elementos da própria planta, como raízes, nódulos, folhas e flores. Os resíduos da cultura de ervilha, uma vez que têm uma relação C/N inferior a 20 (Botelho, 2006), aumentam a quantidade de azoto mineral disponível para a cultura seguinte.

#### 4.3. Monitorização da composição mineral do grão de ervilha

No Quadro 17 apresentam-se os teores médios de nutrientes no grão de ervilha, correspondentes a cada um dos tratamentos experimentais.

Quadro 17 – Composição mineral do grão de ervilha de cada tratamento experimental

| Nutrientes                |               | Tratamentos |        |           |             |
|---------------------------|---------------|-------------|--------|-----------|-------------|
|                           |               | Testemunha  | NPK    | NPK + PGA | NPK + Algin |
| N (g kg <sup>-1</sup> )   | Média         | 44,90       | 44,62  | 43,98     | 45,19       |
|                           | Desvio Padrão | 1,28        | 2,20   | 0,30      | 2,19        |
| P (g kg <sup>-1</sup> )   | Média         | 7,37        | 7,14   | 7,09      | 7,38        |
|                           | Desvio Padrão | 0,43        | 0,34   | 0,39      | 0,51        |
| K (g kg <sup>-1</sup> )   | Média         | 17,23       | 17,35  | 16,91     | 17,37       |
|                           | Desvio Padrão | 0,82        | 0,91   | 0,80      | 0,69        |
| Na (g kg <sup>-1</sup> )  | Média         | 0,25        | 0,20   | 0,26      | 0,24        |
|                           | Desvio Padrão | 0,09        | 0,02   | 0,03      | 0,13        |
| Ca (g kg <sup>-1</sup> )  | Média         | 2,15        | 2,12   | 1,91      | 2,25        |
|                           | Desvio Padrão | 0,21        | 0,09   | 0,20      | 0,69        |
| Mg (g kg <sup>-1</sup> )  | Média         | 2,00        | 2,00   | 1,88      | 1,98        |
|                           | Desvio Padrão | 0,12        | 0,10   | 0,07      | 0,20        |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 145,53      | 146,40 | 116,80    | 129,50      |
|                           | Desvio Padrão | 27,32       | 58,51  | 30,50     | 43,83       |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 6,43        | 5,70   | 5,60      | 5,70        |
|                           | Desvio Padrão | 0,97        | 1,48   | 0,50      | 1,24        |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 38,89       | 38,70  | 36,70     | 42,90       |
|                           | Desvio Padrão | 2,56        | 4,32   | 1,17      | 5,66        |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Média         | 9,16        | 8,80   | 8,90      | 8,70        |
|                           | Desvio Padrão | 0,99        | 1,27   | 0,5       | 0,61        |

Por observação do Quadro 17 pode-se constatar os tratamentos experimentais NPK + Algin e a testemunha apresentaram os maiores níveis de nutrientes no grão de ervilha.

Comparativamente aos valores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América e do banco de dados da composição dos alimentos da Universidade Técnica da Dinamarca (Quadro 3), verificamos que todos os valores respeitantes aos teores médios de nutrientes no grão de ervilha, correspondentes a cada um dos tratamentos experimentais (Quadro 17), são mais elevados.

No Quadro 18 apresenta-se a exportação dos nutrientes do grão de ervilha, considerando os teores médios dos nutrientes no grão, os valores da produção de cada tratamento experimental e a percentagem da matéria seca (21,23%).

Verificamos que os valores de exportação dos nutrientes são, de uma forma geral, superiores na formulação NPK + Algin.

Os valores de exportação dos nutrientes azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio do grão de ervilha correspondentes aos tratamentos experimentais são inferiores, comparativamente aos valores

apresentados no Quadro 5 (Capítulo 2), à exceção do cálcio que apresenta valores idênticos e mesmo superior no tratamento de NPK + Algin. Os teores médios de fósforo são muito baixos, representando apenas 1/3 do valor, quando comparados com os valores do Quadro 5.

Quadro 18 - Exportação de nutrientes do grão de ervilha correspondente a cada tratamento experimental

| Nutrientes                     | Tratamentos |        |           |             |
|--------------------------------|-------------|--------|-----------|-------------|
|                                | Testemunha  | NPK    | NPK + PGA | NPK + Algin |
| <b>N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>  | 62,70       | 61,80  | 58,49     | 68,56       |
| <b>P (kg ha<sup>-1</sup>)</b>  | 10,29       | 9,89   | 9,43      | 11,20       |
| <b>K (kg ha<sup>-1</sup>)</b>  | 24,06       | 24,03  | 22,49     | 26,35       |
| <b>Ca (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 3,00        | 2,94   | 2,54      | 3,41        |
| <b>Mg (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 2,79        | 2,77   | 2,50      | 3,00        |
| <b>Na (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 0,35        | 0,28   | 0,35      | 0,36        |
| <b>Fe (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 203,23      | 202,78 | 155,34    | 196,48      |
| <b>Cu (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 8,98        | 7,90   | 7,45      | 8,65        |
| <b>Zn (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 54,31       | 53,60  | 48,81     | 65,09       |
| <b>Mn (kg ha<sup>-1</sup>)</b> | 12,79       | 12,19  | 11,84     | 13,20       |

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos relativos à influência das formulações fertilizantes consideradas, NPK, NPK + PGA e NPK + Algin, sobre a produção do grão de ervilha, grau tenderométrico e % de sólidos solúveis no álcool do grão sugeriram algumas conclusões principais.

Relativamente à produção comercial do grão de ervilha, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos experimentais e entre blocos. Apesar disso, pode haver interesse agronómico nos resultados obtidos. Com efeito, no caso da formulação NPK + Algin (alginato de sódio), foi observada, em termos médios, uma produção comercial de ervilha 9,55% superior à obtida no tratamento NPK e 6,52% superior à proporcionada pela testemunha. A ervilha é usada como cultura intercalar, com um rendimento líquido baixo a moderado e, portanto, qualquer acréscimo que seja possível obter, que não seja em detrimento da qualidade, pode ser muito vantajoso para o produtor.

No respeitante ao grau tenderométrico e à % de sólidos insolúveis no álcool do grão de ervilha, os tratamentos experimentais também não conduziram a diferenças significativas. No entanto, existiram diferenças significativas entre blocos. Estas diferenças podem ter-se devido à textura do solo e ao precedente cultural do campo de ensaio, que não eram iguais, originando graus tenderométricos heterogéneos e diferentes graus de infecção de antracnose (*Ascochyta pisi*). A incidência do fungo nos blocos 1 e 2 foi menor que do que nos blocos 3 e 4, tendo a conjugação dos dois factores (textura do solo e incidência da doença) permitido uma evolução mais rápida do grau tenderométrico e da % de sólidos insolúveis no álcool do grão de ervilha, obrigando a uma colheita mais precoce.

A formulação NPK + PGA mostrou um desempenho positivo em relação à qualidade - homogeneização do grau tenderométrico e % de sólidos insolúveis no álcool – e, portanto, contribuiu para a valorização comercial da ervilha.

Parecem ter-se confirmado a potencialidade do alginato de sódio para melhorar as características físicas dos grânulos do adubo NPK, proporcionando a libertação controlada dos nutrientes.

De uma forma geral, os valores de todos os elementos minerais das amostras de terra foram superiores no tratamento de NPK + Algin, o que confirma as propriedades coloidais do alginato de sódio como polielectrólito aniónico de alta reactividade (pela sua estrutura linear polianiónica) e portanto, tem o poder de actuar no solo como um excelente trocador de catiões.

Apesar de não se terem observado diferenças significativas entre tratamentos e blocos experimentais, a formulação NPK+ Algin e a testemunha, apresentaram os maiores níveis de nutrientes no grão de ervilha.

Os valores de exportação dos nutrientes do grão de ervilha mostram-se superiores no tratamento de NPK + Algin.

Concluimos que o alginato de sódio cumpriu com os objectivos do estudo desenvolvido, confirmando as características teoricamente apresentadas em relação à produção e o ácido poliglutâmico teve um desempenho positivo em relação à qualidade e valorização da ervilha.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ADP FERTILIZANTES, 2011. Fichas de especificação. Disponível em: <[http://www.adp-fertilizantes.pt/ACM2\\_upload/Productos/Fichas/ESPECIFICA%C3%87%C3%95ES%20%20ADUBOS%20CL%C3%81SSICOS/ADUBOS%20CLASSICOS/426%20%20FOSKAM%C3%93NIO%207-18-27.pdf](http://www.adp-fertilizantes.pt/ACM2_upload/Productos/Fichas/ESPECIFICA%C3%87%C3%95ES%20%20ADUBOS%20CL%C3%81SSICOS/ADUBOS%20CLASSICOS/426%20%20FOSKAM%C3%93NIO%207-18-27.pdf)>. Acesso em: 03 de Novembro de 2011.
- ALMEIDA, D., 2006. Manual de culturas hortícolas – Volume II. Ed. Editorial Presença, Barcarena. 325 pp.
- AMBAR, A.V.R., 1987. A cultura da ervilha – Contribuição para o melhor desenvolvimento vegetativo. Ed. Biblioteca Agrícola Litexa, Lisboa. 54 pp.
- BAJAJ, I., e SINGHAL., R., 2011. Poly (glutamic acid) – An emerging biopolymer of commercial interest. *Bioresource Technology* 102: 5551-5561.
- BASHN, Y., 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances* 16: 729-770.
- BOTELHO, N., 2006. Avaliação da ervilha para indústria como cultura intercalar. Relatório do trabalho de fim de curso de Engenharia Agrária, ramo Hortofrutícola. Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior Agrária de Santarém, Santarém. 68 pp.
- CALOURO, F., 2000. Manual básico de práticas agrícolas: conservação do solo e da água. Ed. Instituto Nacional Garantia Agrícola. Lisboa. 80 pp.
- CARDOSO, J., 1965. Os Solos de Portugal - sua classificação, caracterização e génese. 1. A Sul do Rio Tejo. DGSA, Lisboa.
- CARRANCA, C., 1996. Avaliação de alguns processos do ciclo do azoto em solos portugueses, designadamente através do marcador <sup>15</sup>N. Tese de Doutoramento em engenharia agrónoma. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 225 pp.
- CARRANCA, C., 2000. Principais processos do ciclo do azoto numa agricultura sustentável. Avaliação através do marcador <sup>15</sup>N. Ed. Estação Agronómica Nacional, Oeiras. 115 pp.
- CARTA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DE PORTUGAL, 1972. Escala de 1:1 000 000. Boletim de Solos do SROA.
- CARTA DE SOLOS DE PORTUGAL, 1972. Escala de 1:1 000 000. Boletim de Solos do SROA.
- CASCO, J. M., and HERRERO, R. M., 2009. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 458-459.
- CHAN, L. W., LEE, H. Y. and HENG, P. W. S., 2006. Mechanisms of external and internal gelation and their impact on the functions of alginate as a coat and delivery system. *Carbohydrate Polymers* 63: 176-187.
- CHANG, P., DOBASHI, T., 2003. Preparation of alginate complex capsules containing eucalyptus essential oil and its controlled release. *Colloids and Surfaces. B: Biointerfaces* 32: 257-262.



- CHEN, X., CHEN, S., SUN, M., and YU., Z., 2005. High yield of poly-γ-glutamic acid from *Bacillus subtilis* by solid-state fermentation using swine manure as the basis of a solid substrate. *Bioresource Technology* 96: 1872-1879.
- CHIU, Y., CHIU, C., CHIEN, J., HO, G., YANG, J., and CHEN, B., 2007. Encapsulation of lycopene extract from tomato pulp waste with gelatin and Poly (γ-glutamic acids) as carrier. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 5123-5130.
- CHOULIARAS, V., TASIOULA, M., CHATZISSAVVIDIS, C., THERIOS, I., and TSABOLATIDOU, E., 2011. The effect of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *Journal of Science Food Agricultural* 89: 984-988.
- CROUCH, I. J., BECKET, R., and van STADEN, J. 1990. Effect of seaweed concentrated on the growth and mineral nutrition of nutrient-stressed lettuce. *Journal of Applied Phycology* 23: 623-633.
- CROUCH, I. J., BECKET, R., and van STADEN, J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Regulation* 13: 21-29.
- DFC, 2011. Danish Food Composition Databank. Disponível em: <[http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb\\_details.asp?FoodId=0343](http://www.foodcomp.dk/v7/fcdb_details.asp?FoodId=0343)>. Acesso em: 01 de Novembro de 2011.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. und DOMINGO, W., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und kaliumbestimmung. *Kungliga Lanbrukshögskolans Annaler* 26: 199-215.
- EGWUNATUM, A., and LANE, S., 2009. Effects of compost tea age on the suppression of *Armillaria Mellea* with green waste compost teas. *Compost Science and Utilization* 17: 237-240.
- EYRAS, M., DEFOSSÉ, G., and DELLATORRE, F., 2008. Seaweed compost as an amendment for horticultural soils in Patagonia, Argentina. *Compost Science and Utilization* 16: 119-124.
- FAO/UNESCO, 1988. Soil Map of the World, Revised Legend, with Corrections. Word Resources Report 60 FAO FAO. Rome (Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1994).
- FERREIRA, M., FRAGOSO, M., e MENDES, R., 1984. Nutrição mineral da ervilha para indústria. 1.<sup>as</sup> Jornadas técnicas da ervilha para indústria. Ed. Associação Portuguesa de Horticultura, Couto. pp. 289-306.
- FRAZÃO, C., 1984. A evolução da cultura em Portugal. 1.<sup>as</sup> Jornadas técnicas da ervilha para indústria. Ed. Associação Portuguesa de Horticultura, Couto. pp. 11-18.
- GALLO, L., 2002. Nitrogénio e enxofre. Ed. Departamento de Ciências e Biologia – ESALQ-USP, Lavras.
- GOH, C. H., HENG, P.W. S. and CHAN, L. W., 2011. Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications. *Carbohydrate Polymers* (doi: 10.1016/j.carbpol.2011.11.012)
- GOMBOTZ, W. R. and WEE, S.F. 1998. Protein release from alginate matrices. *Advanced Drug Delivery Reviews* 31: 267-285.

- HONG, D., HIEN, H., and SON, P., 2007. Seaweeds from Vietnam used for functional, medicine and biofertilizer. *Journal of Applied Phycology* 19: 817-826.
- HORNECK, D. and MILLER, R., 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. In Y. Kalra (ed.), *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. Florida: CRC Press LLC. pp. 75-83.
- HSIEH, C-W., LU, W-C., HSIEH, W-C., HUANG, Y-P., LAI, C-H., and KO, W-C., 2009. Improvement of stability of nattokinase using  $\gamma$ -polyglutamic acid as a coating material for microencapsulation. *LWT - Food Science and Technology* 42: 144-149.
- INFOAGRO, 2011. El cultivo del guisante. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/hortalizas/guisantes.html>>. Acesso em: 05 de Abril de 2011.
- INFOPÉDIA, 2011. Alginato. Porto Editora, Porto. Disponível em: <[http://www.infopedia.pt/\\$alginato](http://www.infopedia.pt/$alginato)>. Acesso em: 19 de Outubro de 2011.
- KHAN, W., RAYIRATH, U., SUBRAMANIAN, S., JITHESH, M., RAYORATH, P., HODGES, D., CRITCHLEY, A., CRAIGIE, J., NORRIE, J., and PRITHIVIRAJ, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386-399.
- KING, E., FISTER, P., NORRIS, J., 2007. Slow-release fertilizer rand method of making and using same. Disponível em: <<http://www.wipo.int/patentscope/search/en/detail.jsf?docId=WO2007024753&recNum=1&maxRec=1&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=ALLNUM%3A%28wo%2F2007024753%29&tab=PCTDescription#>>. Acesso em: 19 de Outubro de 2011.
- KINNERSLEY, A., KOSKAN, L., STROM, D., MEAH, A., 1994. Method for more efficient uptake of plant growth nutrients. Donlar Corporation. Disponível em: <<http://www.patents.com/us-5593947.html>>. Acesso em: 10 de Junho de 2011.
- KUMAR, G., and SAHOO, D., 2011. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology* 23: 251-255.
- KUMARI, R., KAUR, I., and BHATNAGAR, A., 2011. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Stchell & Garden on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology* 23: 623-633.
- LAKANEN, E. and ERVIO, R., 1971. Comparasion of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Finn* 23: 223-232.
- LEITÃO, C., 1984. Situação actual e perspectivas da indústria de congelação em Portugal. 1.<sup>as</sup> Jornadas técnicas da ervilha para indústria. Ed. Associação Portuguesa de Horticultura, pp. 193-204. Couto.
- LIU, C-H., WU, J-Y., and CHANG, J-S., 2008. Diffusion characteristics and controlled release of bacterial fertilizers from modified calcium alginate capsules. *Bioresource Technology* 99: 1904-1910.
- LQARS, 2000. Manual de fertilização das culturas, Ed. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. INIA, Lisboa. 222 pp.

- MADRP, 1997. Código de boas práticas agrícolas para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola. Ed. Ministério do Ambiente do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa. 52 pp.
- MAROTO, J. V. B., 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 567-579.
- MARTI, B., and Muñoz, R., 1957. Flame photometry. Elsevier Publishing Company, New York. 271 pp.
- McHUGH, D. J., 1987. Production, properties and uses of alginates. In: FAO Fisheries Technical Papers, Rome. pp. 58-115.
- McHUGH, D. J., 2003. A guide to the seaweed industry. In: FAO Fisheries Technical Papers, Rome. 441 pp.
- MORENO, J. L., 2001. La matéria orgânica en los agrosistemas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 180-188.
- MULVANEY, R., 1996. Nitrogen: inorganic forms. In Methods of soil analysis, Part 3: chemical methods. USA: Soil Science Society of America. pp. 1129-1139.
- NETER, J., WASSERMAN, W., and KUTNER, M. 1990. Applied Linear Statistical Models. 3<sup>a</sup> ed. Irwin Inc., USA. 1181 pp.
- NOVAGRO, 2011. Rodimax – rooting promotor based on Aminoacids and vegetal extracts. Disponível em: <[http://www.novagro.it/en/special\\_products.php?id=8](http://www.novagro.it/en/special_products.php?id=8)>. Acesso em: 10 de Junho de 2011.
- PALHA, M. G. S., 1988. O rizóbio nas leguminosas horto-industriais. Ed. MAPA - INIA, Oeiras. 8 pp.
- PARRADO, J., BAUTISTA, J., ROMERO, E., GARCÍA-MARTINEZ, A., FRIAZA, V., and TEJADA, M., 2008. Production of carob enzymatic extract: Potencial use as a biofertilizer. Bioresource Technology 99: 2312-2318.
- PÓVOAS, I. e BARRAL, M., 1992. Métodos de análises de solos. Comunicação do Instituto de Investigação Científica Tropical, série de Ciências Agrárias, 10. 61 p.
- RAPOSO, J. R., 1996. A rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega. Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 469 pp.
- SANTOS, J. Q., 1996. Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Ed. Colecção Euroagro - Publicações Europa-América, Mem-Martins. 442 pp.
- SAPEC (ADUBOS) AGRO, S.A., 1993. Manual de adubação (2<sup>a</sup> edição), Setúbal. 227 pp.
- SCHOLLENBERGER, C. and SIMON, R., 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil: ammonium acetate method. Soil Science, 59 (1): 13-24.
- SESTELLO, A., 1984. O *rhizobium* e as leguminosas. 1.<sup>as</sup> Jornadas técnicas da ervilha para indústria. Ed. Associação Portuguesa de Horticultura, Couto. pp. 281-285.
- SHARIF, M., KHATTAK, A., and SARIR, S., 2002. Effect of levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 3567-3580.

- SHIH, I-L., and VAN., Y-T., 2001. The production of poly-( $\gamma$ -glutamic acid) from microorganisms and its various applications. *Bioresource Technology* 79: 207-225.
- SIVASANKARI, S., VENKATESALU, V., ANANTHARAJ, M., and CHANDRASEKARAN, M., 2006. Effect of seaweed extract on growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. *Bioresource Technology* 97: 1745-1751.
- THOMAS, G., et HOPQUIN. B., 1999. Les minéraux qui font le pois. *UNILET* 101: 10-12.
- TINSLEY, J., 1950. Determination of organic carbon in soils by dichromate mixtures. *Transactions of the 4<sup>th</sup> International Congress of Soil Science* 1: 161-169.
- TORRES, M. O. P., and VARENNES, A., 2004. Parecer sobre a avaliação do impacto ambiental da ervilha para indústria como cultura intercalar. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 4 pp.
- TURGEON, A., 2005. Turfgrass management. Person Prentice Hall, New York. 415 pp.
- UNILET, 2011. Culture par culture – Pois. L'Irrigation. Disponível em: <<http://www.unilet.fr/cultures/pois/pois.php?page=irrigation>. Acesso em: 08 de Maio de 2011.
- UNILET, 2011. Culture par culture – Pois. Plantes. Disponível em: <http://www.unilet.fr/cultures/pois/pois.php?page=plantes>. Acesso em: 05 de Abril de 2011.
- VARENNES, A., 2003. Produtividade dos Solos e Ambiente. Escolar Editora, Lisboa. 490 pp.
- VASCONCELOS, E., 2005. Algumas considerações sobre a qualidade de uma água para rega. Texto de apoio às aulas práticas da Unidade Curricular Fertilizantes e Técnicas da Fertilização, 2<sup>a</sup> edição, Instituto superior de Agronomia, Lisboa
- WANG, Q., CHEN, S., ZHANG, J., SUN, M., LIU, Z., and YU., Z., 2008. Co-producing lipopeptides and poly- $\gamma$ -glutamic acid by solid-state fermentation of *Bacillus subtilis* using soybean and sweet potato residues and its biocontrol and fertilizer synergistic effects. *Bioresource Technology* 99: 3318-3323.
- WANG, Q., HU, X., DU, Y., and KENNEDY, J., 2010. Alginate/starch blend fibers and their properties for drug controlled release. *Carbohydrate Polymers* 82: 842-847.
- WHAPHAM, C., BLUNDEN, G., and HANKINS, S., 1993. Significance of betaines in the increased chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *Journal of Applied Phycology* 5: 231-234.
- WIKIPEDIA, 2011. Alginato de sódio. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Alginato\\_de\\_s%C3%B3dio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Alginato_de_s%C3%B3dio). Acesso em: 17 de Agosto de 2011.
- ZAMBON, A., RODRÍGUEZ, M., MIGUEL, V., e ERRAZU, A., 2001. Producción de alginatos comerciales a partir algas pardas Patagónicas. Asociación Química Argentina. Argentina. Disponível em: <<http://www.aqa.org.ar/iyqparte2.htm>. Acesso em: 01 de Novembro de 2011.

## **ANEXOS**

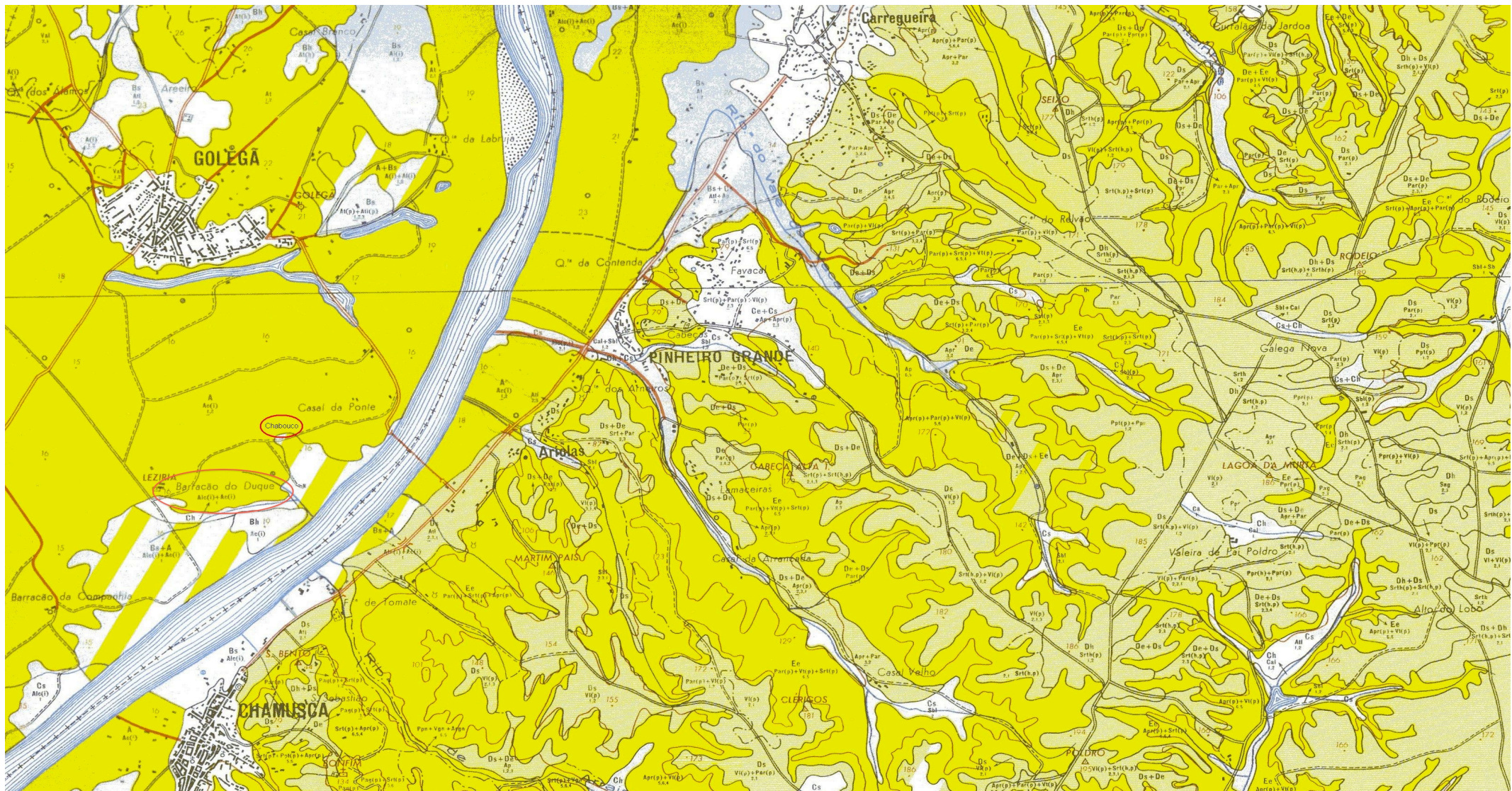
## LISTA DE ANEXOS

|   | <b><i>Pág.</i></b> |
|---|--------------------|
| <b>Anexo 1 –</b> Carta de solos n.º 27-D  | <i>i</i>           |
| <b>Anexo 2 –</b> Dados climáticos de Dezembro de 2010 a Maio de 2011  | <i>iii</i>         |
| <b>Anexo 3 –</b> Caderno de seguimento das parcelas da Bonduelle Portugal   | <i>vi</i>          |
| <b>Anexo 4 –</b> Apreciação da aptidão das águas para rega e Guia interpretativo da qualidade das águas para rega | <i>x</i>           |
| <b>Anexo 5 –</b> Resultados das análises de terra e grão de ervilha   | <i>xiii</i>        |
| <b>Anexo 6 –</b> Análise estatística dos dados experimentais  | <i>xv</i>          |
| <b>Anexo 7 –</b> Especificação do adubo composto NPK 7-18-27  | <i>xix</i>         |

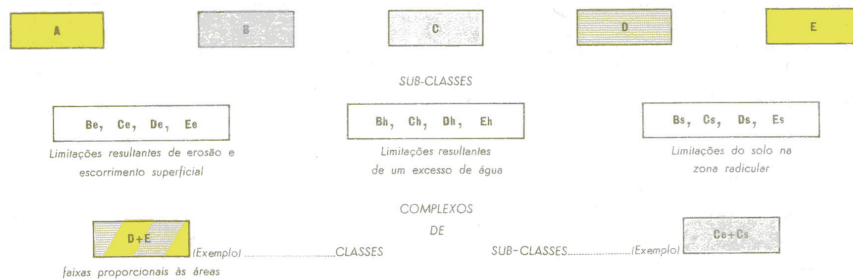
## **Anexo 1**

Carta de solos n.º 27-D





## Classes de Capacidade de Uso



## Unidades Pedológicas

### ALUVIOSSOLOS MODERNOS

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| de textura ligeira                             | Al                                  |
| idem, fase inundável                           | Al(O)                               |
| idem, fase mal drenada                         | Al(O <sub>2</sub> )                 |
| idem, fase pedregosa                           | Al(O <sub>3</sub> )                 |
| idem, fases mal drenada e pedregosa            | Al(O <sub>2</sub> -a)               |
| idem, fases pedregosa e inundável              | Al(O <sub>3</sub> -j)               |
| idem, calcários                                | Al <sub>sc</sub>                    |
| idem, fase inundável                           | Al <sub>sc</sub> (O)                |
| idem, fase pedregosa e inundável               | Al <sub>sc</sub> (O <sub>3</sub> )  |
| de textura mediana                             | A                                   |
| idem, fase inundável                           | A(O)                                |
| idem, fase mal drenada                         | A(O <sub>2</sub> )                  |
| idem, fase pedregosa                           | A(O <sub>3</sub> )                  |
| idem, fases mal drenada e pedregosa            | A(O <sub>2</sub> -a)                |
| idem, fases pedregosa e inundável              | A(O <sub>3</sub> -j)                |
| idem, calcários                                | A <sub>sc</sub>                     |
| idem, fase inundável                           | A <sub>sc</sub> (O)                 |
| de textura pesada, fases pedregosa e inundável | A <sub>sc</sub> (O <sub>3</sub> -j) |
| idem, calcários, fase inundável                | A <sub>sc</sub> (O <sub>3</sub> )   |



## **Anexo 2**

Dados climáticos de Dezembro de 2010 a Maio de 2011

| Quadro 1 - Temperaturas máximas |                      |       |       |       |       |       | Quadro 2 - Temperaturas mínimas |                      |       |       |       |       |       | Quadro 3 - Temperaturas médias |                     |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2011                            | TEMPERATURAS MÁXIMAS |       |       |       |       |       | 2011                            | TEMPERATURAS MÍNIMAS |       |       |       |       |       | 2011                           | TEMPERATURAS MÉDIAS |       |       |       |       |       |
| DIA                             | DEZ                  | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | DIA                             | DEZ                  | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | DIA                            | DEZ                 | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   |
| 1                               | 12,28                | 14,8  | 13,48 | 16,39 | 28,23 | 21,59 | 1                               | 2,57                 | 6,8   | -2,97 | 1,66  | 10,53 | 13,92 | 1                              | 6,73                | 10,71 | 4,36  | 8,9   | 19,09 | 16,51 |
| 2                               | 12,47                | 11,36 | 15,48 | 15,94 | 19,02 | 23,55 | 2                               | 1,61                 | 6,21  | -2,45 | -0,8  | 12,14 | 14,14 | 2                              | 6,39                | 8,9   | 5,9   | 7,74  | 15,64 | 17,71 |
| 3                               | 11,46                | 12,64 | 19,03 | 15,97 | 18,95 | 22,81 | 3                               | -0,12                | 6,34  | -0,31 | -0,05 | 10,94 | 12,39 | 3                              | 4,76                | 9,42  | 8,69  | 8,34  | 14,07 | 16,8  |
| 4                               | 8,58                 | 13,63 | 20,16 | 12,28 | 23,27 | 21,66 | 4                               | -0,66                | 9,84  | 0,34  | 2,29  | 8,66  | 8,67  | 4                              | 4,07                | 12,01 | 9,33  | 7,76  | 15,73 | 15,12 |
| 5                               | 18,6                 | 15,1  | 19,73 | 14,19 | 29,25 | 24,08 | 5                               | 7,05                 | 11    | -0,91 | 5,35  | 10,16 | 8,49  | 5                              | 12,29               | 13,3  | 7,7   | 8,92  | 19,97 | 15,78 |
| 6                               | 18,43                | 18,57 | 19,46 | 17,23 | 28,82 | 22,74 | 6                               | 14,25                | 12,22 | 0,16  | 7,14  | 15,34 | 11,71 | 6                              | 16,44               | 14,98 | 7,75  | 11,65 | 23,31 | 16,71 |
| 7                               | 19,6                 | 17,25 | 17,44 | 19,8  | 30,12 | 21,37 | 7                               | 13,2                 | 12,05 | 0,31  | 5,41  | 10,96 | 13,01 | 7                              | 16,02               | 14,33 | 7,49  | 12,43 | 19,86 | 16,57 |
| 8                               | 16,23                | 15,02 | 15,44 | 12,62 | 30,19 | 24,12 | 8                               | 10,17                | 8,41  | 2,18  | 9,19  | 9,85  | 10,85 | 8                              | 13,56               | 12,57 | 8,95  | 10,52 | 20,19 | 16,93 |
| 9                               | 19,27                | 15,06 | 18,21 | 15,89 | 23,1  | 26,2  | 9                               | 11,97                | 3,83  | 10,41 | 8,48  | 11,29 | 11,96 | 9                              | 15,08               | 11    | 13,14 | 11,91 | 16,97 | 18,31 |
| 10                              | 18,21                | 13,91 | 17,71 | 18,85 | 25,39 | 31,54 | 10                              | 14,38                | 4,63  | 3,25  | 10,45 | 13,1  | 12,82 | 10                             | 16,32               | 9,09  | 9,97  | 13,34 | 17,94 | 21,45 |
| 11                              | 18,22                | 15,87 | 17,53 | 16,19 | 27,03 | 31,3  | 11                              | 9,84                 | 8,39  | 3,73  | 8,28  | 9,45  | 14,1  | 11                             | 14,03               | 12,82 | 9,48  | 12,18 | 18,34 | 22,81 |
| 12                              | 12,79                | 16,66 | 16,23 | 16,89 | 28,12 | 31,44 | 12                              | 7,93                 | 5,1   | 2,82  | 9,06  | 10,28 | 15,4  | 12                             | 10,38               | 10,83 | 8,61  | 12,23 | 19,29 | 23,17 |
| 13                              | 11,87                | 11,9  | 13,81 | 16,12 | 29,6  | 32,08 | 13                              | 5,86                 | 5,21  | 1,96  | 9,42  | 10,1  | 15,05 | 13                             | 8,46                | 7,52  | 8,33  | 11,32 | 19,84 | 23,43 |
| 14                              | 17,05                | 10,52 | 12,1  | 12,81 | 16,47 | 30,07 | 14                              | 4,51                 | 7,53  | 2,57  | 9,07  | 11,15 | 15,6  | 14                             | 9,81                | 8,81  | 7,91  | 10,52 | 13,88 | 21,64 |
| 15                              | 12,72                | 12,81 | 14,6  | 16,57 | 30,09 | 27,51 | 15                              | -0,02                | 7,23  | 4,96  | 3,75  | 9,73  | 16,29 | 15                             | 6,02                | 9,59  | 10,19 | 9,2   | 19,07 | 21    |
| 16                              | 9,81                 | 13,26 | 14,28 | 16,04 | 27,74 | 29,9  | 16                              | -2,71                | 8,19  | 4,39  | 0,94  | 9,98  | 14,81 | 16                             | 2,73                | 10,48 | 9,02  | 9,12  | 19,04 | 21,58 |
| 17                              | 9,19                 | 14,88 | 14,66 | 16,68 | 27,6  | 25,4  | 17                              | -4,52                | 8,82  | 7,14  | 9,17  | 11,61 | 15,75 | 17                             | 1,75                | 11,88 | 11,02 | 12,88 | 19,34 | 19,26 |
| 18                              | 11,09                | 14,41 | 14,57 | 21,75 | 25,4  | 22,66 | 18                              | 3,56                 | 6,15  | 3,64  | 2,92  | 10,17 | 16,39 | 18                             | 6,95                | 9,55  | 10,05 | 12,66 | 17    | 18,31 |
| 19                              | 13,5                 | 17,33 | 13,11 | 23,76 | 19,14 | 26,26 | 19                              | 6,27                 | 4,35  | 7,99  | 3,81  | 13,92 | 14,46 | 19                             | 9,74                | 9,44  | 11,85 | 13,3  | 15,93 | 19,54 |
| 20                              | 13,6                 | 16,57 | 17,05 | 26,23 | 18,08 | 28,36 | 20                              | 4,28                 | 3,43  | 6,66  | 4,64  | 14,2  | 14,05 | 20                             | 9,49                | 8,81  | 11,24 | 15,15 | 15,66 | 20,62 |
| 21                              | 16,92                | 12,47 | 18,06 | 22,61 | 20,94 | 27,17 | 21                              | 11,61                | 4,59  | 6,46  | 4,85  | 10,27 | 14,88 | 21                             | 13,69               | 8,17  | 11,88 | 14,41 | 14,9  | 19,49 |
| 22                              | 14,06                | 10,38 | 17,58 | 20,03 | 15,65 | 28,79 | 22                              | 7,43                 | 0,06  | 8,45  | 8,36  | 10,98 | 13,11 | 22                             | 10,57               | 4,2   | 13,18 | 13,44 | 12,76 | 19,92 |
| 23                              | 11,11                | 8,55  | 19,78 | 18,61 | 20,13 | 30,91 | 23                              | 3,96                 | -0,91 | 5,97  | 7,82  | 12,22 | 14,07 | 23                             | 8,37                | 3,94  | 12,46 | 12,77 | 15,17 | 21,55 |
| 24                              | 10,66                | 13,28 | 23,89 | 19,85 | 24,17 | 33,68 | 24                              | 1,08                 | 5,47  | 3,3   | 9,46  | 10,76 | 15,16 | 24                             | 6,13                | 8,56  | 12,04 | 13,84 | 17,07 | 24,14 |
| 25                              | 9,07                 | 12,58 | 22,3  | 20,44 | 25,04 | 31,28 | 25                              | 3,16                 | 3,63  | 4,83  | 9,87  | 11,29 | 16,07 | 25                             | 6,38                | 7,94  | 12,79 | 14,65 | 18,16 | 23,52 |
| 26                              | 9,57                 | 14,24 | 19,76 | 18,93 | 26,13 | 25,35 | 26                              | -1,57                | 0,26  | 6,26  | 9,1   | 11,47 | 15,01 | 26                             | 3,35                | 6,5   | 13,52 | 13,3  | 18,78 | 19,15 |
| 27                              | 8,33                 | 8     | 19,49 | 18,11 | 26,57 | 29,32 | 27                              | 0,12                 | -1,64 | 7,37  | 9,41  | 11,8  | 13,98 | 27                             | 5,4                 | 3,71  | 13,68 | 13,14 | 19,38 | 21,26 |
| 28                              | 13,74                | 14,13 | 16,57 | 17,57 | 27,57 | 27,73 | 28                              | 7,99                 | 2,43  | 1,68  | 8,88  | 12,1  | 16,01 | 28                             | 10,58               | 7,97  | 9,39  | 13,19 | 18,05 | 20,05 |
| 29                              | 17,47                | 11,54 |       | 19,74 | 20,05 | 25,04 | 29                              | 11,29                | 1,04  |       | 10,06 | 13,5  | 15,73 | 29                             | 13,88               | 5,57  |       | 14,43 | 15,95 | 19,67 |
| 30                              | 14,81                | 12,18 |       | 19,95 | 19,37 | 24,5  | 30                              | 11,85                | -1,76 |       | 10,26 | 13,13 | 16,9  | 30                             | 13,22               | 4,93  |       | 14,77 | 15,39 | 19,01 |
| 31                              | 17,36                | 13,14 |       | 25,15 |       | 17,54 | 31                              | 7,72                 | 0,58  |       | 10,12 |       | 15,55 | 31                             | 12,67               | 6,28  |       | 16,53 |       | 16,81 |
| MÉDIA                           | 13,81                | 13,61 | 17,20 | 18,17 | 24,37 | 26,64 | MÉDIA                           | 5,61                 | 5,14  | 3,58  | 6,72  | 11,37 | 14,08 | MÉDIA                          | 9,52                | 9,16  | 10,00 | 12,08 | 17,53 | 19,61 |
| 30 Anos                         | 14,80                | 14,50 | 15,60 | 17,90 | 19,70 | 22,90 | 30 Anos                         | 5,80                 | 5,20  | 6,10  | 7,10  | 8,40  | 10,40 | 30 Anos                        | 10,30               | 9,80  | 10,90 | 12,50 | 14,10 | 16,60 |

| Quadro 4 - Unidades de calor |                   |        |        |        |        |        | Quadro 5 - Precipitação |              |       |        |       |        |       | Quadro 6 - Humidade relativa média |                         |     |     |     |     |     |
|------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|------------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2011                         | UNIDADES DE CALOR |        |        |        |        |        | 2011                    | PRECIPITAÇÃO |       |        |       |        |       | 2011                               | HUMIDADE RELATIVA MÉDIA |     |     |     |     |     |
| DIA                          | DEZ               | JAN    | FEV    | MAR    | ABR    | MAI    | DIA                     | DEZ          | JAN   | FEV    | MAR   | ABR    | MAI   | DIA                                | DEZ                     | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI |
| 1                            | 2,23              | 6,21   | -0,14  | 4,40   | 14,59  | 12,01  | 1                       | 7,2          | 0,4   | 0,2    | 0     | 0      | 0     | 1                                  | 99                      | 100 | 80  | 71  | 70  | 89  |
| 2                            | 1,89              | 4,40   | 1,40   | 3,24   | 11,14  | 13,21  | 2                       | 3,6          | 0,4   | 0,2    | 0     | 0      | 0     | 2                                  | 88                      | 100 | 78  | 73  | 90  | 82  |
| 3                            | 0,26              | 4,92   | 4,19   | 3,84   | 9,57   | 12,30  | 3                       | 1,6          | 0,4   | 0      | 0     | 0      | 0     | 3                                  | 84                      | 100 | 77  | 71  | 73  | 78  |
| 4                            | -0,43             | 7,51   | 4,83   | 3,26   | 11,23  | 10,62  | 4                       | 0,8          | 0,8   | 0      | 0     | 0      | 0,2   | 4                                  | 87                      | 100 | 83  | 72  | 73  | 82  |
| 5                            | 7,79              | 8,80   | 3,20   | 4,42   | 15,47  | 11,28  | 5                       | 46,2         | 6,4   | 0,4    | 4,6   | 0      | 0,2   | 5                                  | 97                      | 100 | 84  | 88  | 63  | 80  |
| 6                            | 11,94             | 10,48  | 3,25   | 7,15   | 18,81  | 12,21  | 6                       | 13,8         | 44,8  | 0,2    | 2     | 0      | 0     | 6                                  | 99                      | 100 | 86  | 87  | 47  | 83  |
| 7                            | 11,52             | 9,83   | 2,99   | 7,93   | 15,36  | 12,07  | 7                       | 4,2          | 2,2   | 0,2    | 0,2   | 0      | 0,8   | 7                                  | 95                      | 99  | 88  | 79  | 68  | 79  |
| 8                            | 9,06              | 8,07   | 4,45   | 6,02   | 15,69  | 12,43  | 8                       | 23,8         | 13,8  | 0,2    | 5,2   | 0      | 0,2   | 8                                  | 100                     | 100 | 95  | 98  | 66  | 78  |
| 9                            | 10,58             | 6,50   | 8,64   | 7,41   | 12,47  | 13,81  | 9                       | 6,8          | 0,4   | 0      | 3,6   | 0      | 0     | 9                                  | 98                      | 90  | 89  | 90  | 81  | 71  |
| 10                           | 11,82             | 4,59   | 5,47   | 8,84   | 13,44  | 16,95  | 10                      | 0            | 4,4   | 0      | 0     | 0      | 0     | 10                                 | 84                      | 100 | 89  | 80  | 74  | 68  |
| 11                           | 9,53              | 8,32   | 4,98   | 7,68   | 13,84  | 18,31  | 11                      | 0            | 1     | 0,8    | 1,4   | 0      | 0     | 11                                 | 88                      | 100 | 93  | 92  | 71  | 67  |
| 12                           | 5,88              | 6,33   | 4,11   | 7,73   | 14,79  | 18,67  | 12                      | 6,8          | 0,2   | 0      | 4     | 0      | 0     | 12                                 | 100                     | 96  | 93  | 92  | 65  | 68  |
| 13                           | 3,96              | 3,02   | 3,83   | 6,82   | 15,34  | 18,93  | 13                      | 0,6          | 0,4   | 13,6   | 8,8   | 0      | 0     | 13                                 | 100                     | 100 | 98  | 97  | 62  | 63  |
| 14                           | 5,31              | 4,31   | 3,41   | 6,02   | 9,38   | 17,14  | 14                      | 0,4          | 0     | 19,8   | 16,8  | 0      | 0     | 14                                 | 99                      | 100 | 100 | 99  | 62  | 72  |
| 15                           | 1,52              | 5,09   | 5,69   | 4,70   | 14,57  | 16,50  | 15                      | 0,2          | 0     | 4,8    | 0,2   | 0      | 0     | 15                                 | 79                      | 100 | 99  | 86  | 67  | 52  |
| 16                           | -1,77             | 5,98   | 4,52   | 4,62   | 14,54  | 17,08  | 16                      | 0            | 0     | 20,6   | 0,2   | 0      | 19,8  | 16                                 | 76                      | 99  | 96  | 88  | 64  | 55  |
| 17                           | -2,75             | 7,38   | 6,52   | 8,38   | 14,84  | 14,76  | 17                      | 0            | 0     | 2,2    | 0     | 0      | 8     | 17                                 | 89                      | 99  | 79  | 78  | 66  | 93  |
| 18                           | 2,45              | 5,05   | 5,55   | 8,16   | 12,50  | 13,81  | 18                      | 0,2          | 0,2   | 4,6    | 0     | 20,2   | 15,2  | 18                                 | 89                      | 100 | 99  | 80  | 80  | 96  |
| 19                           | 5,24              | 4,94   | 7,35   | 8,80   | 11,43  | 15,04  | 19                      | 0            | 0,2   | 32,2   | 0     | 31     | 0,2   | 19                                 | 86                      | 95  | 100 | 73  | 99  | 87  |
| 20                           | 4,99              | 4,31   | 6,74   | 10,65  | 11,16  | 16,12  | 20                      | 59,6         | 0,2   | 0,8    | 0,2   | 6,6    | 0     | 20                                 | 99                      | 91  | 99  | 70  | 99  | 78  |
| 21                           | 9,19              | 3,67   | 7,38   | 9,91   | 10,40  | 14,99  | 21                      | 35,4         | 0,2   | 0,2    | 0     | 47,2   | 0     | 21                                 | 100                     | 66  | 91  | 71  | 93  | 87  |
| 22                           | 6,07              | -0,30  | 8,68   | 8,94   | 8,26   | 15,42  | 22                      | 8            | 0     | 0      | 0     | 22,8   | 0     | 22                                 | 100                     | 54  | 89  | 74  | 99  | 77  |
| 23                           | 3,87              | -0,56  | 7,96   | 8,27   | 10,67  | 17,05  | 23                      | 5,4          | 0     | 0      | 0     | 4,4    | 0     | 23                                 | 95                      | 52  | 87  | 62  | 91  | 77  |
| 24                           | 1,63              | 4,06   | 7,54   | 9,34   | 12,57  | 19,64  | 24                      | 0,6          | 0     | 0,2    | 6,4   | 2      | 0     | 24                                 | 88                      | 47  | 85  | 89  | 82  | 69  |
| 25                           | 1,88              | 3,44   | 8,29   | 10,15  | 13,66  | 19,02  | 25                      | 16,8         | 0     | 0,2    | 0     | 0,2    | 0     | 25                                 | 94                      | 55  | 84  | 89  | 75  | 75  |
| 26                           | -1,15             | 2,00   | 9,02   | 8,80   | 14,28  | 14,65  | 26                      | 0,2          | 0     | 0      | 5,4   | 0      | 2,4   | 26                                 | 85                      | 70  | 88  | 95  | 73  | 94  |
| 27                           | 0,90              | -0,79  | 9,18   | 8,64   | 14,88  | 16,76  | 27                      | 0,2          | 6,4   | 0      | 0,8   | 0      | 5     | 27                                 | 83                      | 100 | 74  | 89  | 72  | 82  |
| 28                           | 6,08              | 3,47   | 4,89   | 8,69   | 13,55  | 15,55  | 28                      | 0            | 6,6   | 0      | 0,4   | 3,6    | 10,2  | 28                                 | 88                      | 94  | 74  | 98  | 83  | 91  |
| 29                           | 9,38              | 1,07   |        | 9,93   | 11,45  | 15,17  | 29                      | 12,8         | 1,2   |        | 0     | 12,6   | 0,6   | 29                                 | 91                      | 96  |     | 87  | 96  | 91  |
| 30                           | 8,72              | 0,43   |        | 10,27  | 10,89  | 14,51  | 30                      | 13           | 0,2   |        | 0     | 9,6    | 6,2   | 30                                 | 99                      | 91  |     | 87  | 99  | 94  |
| 31                           | 8,17              | 1,78   |        | 12,03  |        | 12,31  | 31                      | 18           | 0     |        | 0     |        | 0     | 31                                 | 99                      | 79  |     | 81  |     | 98  |
| TOTAL                        | 155,76            | 144,31 | 153,92 | 235,04 | 390,77 | 468,32 | TOTAL                   | 286,20       | 90,80 | 101,40 | 60,20 | 160,20 | 69,00 | MÉDIA                              | 92                      | 89  | 88  | 83  | 77  | 79  |
| MÉDIA                        | 5,02              | 4,66   | 5,71   | 7,69   | 12,97  | 15,21  | MÉDIA                   | 9,30         | 3,01  | 3,75   | 2,01  | 5,52   | 2,30  |                                    |                         |     |     |     |     |     |
| 30 Anos                      | 179,80            | 164,30 | 179,20 | 248,00 | 288,00 | 375,10 | 30 Anos                 | 97,60        | 93,80 | 100,50 | 61,30 | 62,70  | 47,10 | 30 Anos                            | 90                      | 91  | 88  | 82  | 77  | 72  |

### **Anexo 3**

Caderno de seguimento das parcelas da Bonduelle Portugal



## **CADERNO DE SEGUIMENTO DE PARCELA**

**CAMPANHA DE ERVILHA - 2011**

**FORNECEDOR:** Torriba - Soc. Agrícola Barracão do Duque

**PARCELA N.º:** 1

**ÁREA:** 47

**LOCALIZAÇÃO:** Golegã

**N.º CADASTRAL:**

**DESTACAR PELO PICOTADO E DEVOLVER AO DEPARTAMENTO AGRÍCOLA**









#### **Anexo 4**

Apreciação da aptidão das águas para rega e Guia interpretativo da qualidade das águas para rega



## APRECIAÇÃO DA APTIDÃO DAS ÁGUAS PARA REGA

A apreciação da aptidão de uma água para rega é habitualmente feita em função dos problemas que do seu uso continuado poderão resultar para os solos ou para as plantas, problemas esses susceptíveis de ser previstos a partir dos resultados da sua análise. Tal apreciação poderá fazer-se de acordo com a seguinte escala:

- **GRAU 1** - água sem quaisquer restrições para uso na rega;
- **GRAU 2** - água com restrições ligeiras a moderadas;
- **GRAU 3** - água com restrições severas.

Os problemas originados pela utilização continuada de águas de rega classificadas com os **graus 2 e 3** poderão ser devidos aos efeitos desfavoráveis sobre a **salinidade** ou a **permeabilidade** do solo, à **toxicidade** provocada por alguns elementos veiculados pelas águas ou a **outros factores**.

A gravidade desses problemas varia não apenas com a composição da água, mas, também, com as características do solo e o tipo de cultura.

- Quando se utilizam águas correspondentes ao **grau 1**, sem restrições, não haverá que recear problemas para as culturas ou o solo.
- No caso de águas classificadas com **grau 2**, restrições ligeiras a moderadas, há necessidade de um cuidado gradualmente maior na selecção das culturas e práticas culturais para alcançar produções máximas.
- O uso da água de **grau 3** acarretará a aparição de problemas mais ou menos graves a nível do solo e das culturas. A sua utilização só poderá fazer-se com uma selecção criteriosa das culturas e com práticas culturais adequadas.
- No caso de amostras com parâmetros classificados nos **graus 2 ou 3**, o Laboratório fornece indicações sobre técnicas para minimizar os problemas detectados.

## GUIA INTERPRETATIVO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA REGA (a)

Quadro 1 – Guia interpretativo da qualidade das águas de rega

| Problemas e factores neles envolvidos  | Padrões de interpretação  |   |   |
|--|---|---|---|
|  | Sem restrições<br>Grau 1  | Restrições ligeiras a moderadas<br>Grau 2                         | Com restrições severas<br>Grau 3              |
| <b>Salinidade</b> – Afecta a disponibilidade da água para as culturas <b>(b)</b> |   |   |   |
| Conductividade eléctrica da água<br>CE (mS/cm)                                   | < 0,7   | 0,7 – 3,0   | > 3,0   |
| <b>Infiltração</b> – Degradação da permeabilidade do solo                        |   |   |   |
| <b>RAS (c)</b><br>0 – 3<br>3 – 6<br>6 – 12<br>12 – 20<br>20 – 40                 | <b>CE</b><br>=<br>=<br>=<br>=<br>=<br>> 0,7<br>> 1,2<br>> 1,9<br>> 2,9<br>> 5,0 | <br>0,7 – 0,2<br>1,2 – 0,3<br>1,9 – 0,5<br>2,9 – 1,3<br>5,0 – 2,9 | <br>< 0,2<br>< 0,3<br>< 0,5<br>< 1,3<br>< 2,9 |
| <b>Toxicidade de alguns iões</b>   |   |   |   |
| Sódio (Na)<br>– Rega por sulcos<br>– Rega por aspersão                           | (mg/L)<br>RAS<br>(mg/L)   | <br>< 3<br>< 69   | <br>3 – 9<br>> 69<br>> 9                      |
| Cloro (Cl)<br>– Rega por sulcos<br>– Rega por aspersão                           | (mg/L)<br><br>< 142<br>< 106  | <br>143 – 355<br>> 106  | <br>> 355                                     |
| Boro (B)   | (mg/L)<br>< 0,7   | 0,7 – 3,0   | > 3,0   |
| <b>Outros problemas</b>  |   |   |   |
| NO <sub>3</sub><br>HCO <sub>3</sub><br>– Aspersão foliar                         | (mg/L)<br>(mg/L)<br><br>< 25<br>< 90  | <br>25 – 50<br>90 – 520   | <br>> 50<br>> 520                             |
| pH   | Limites normais: 6,5 – 8,4  |   |   |

Fonte: Manual de fertilização das culturas – LQARS (2000).

(a) A classificação apresentada está de acordo com o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. No caso de amostras com parâmetros classificados com os graus 2 ou 3, o laboratório fornece indicações sobre técnicas para minimizar os problemas detectados.

(b) As culturas variam na sua tolerância aos sais.

## **Anexo 5**

Resultados das análises de terra e grão de ervilha

Quadro 1 - Características físico-químicas do solo no final do ensaio por bloco e tratamento experimental

| Tratamento    | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/Kg) | K <sub>2</sub> O<br>(mg/Kg) | MO<br>%     | Na<br>(cmol(+)/Kg) | K<br>(cmol(+)/Kg) | Ca<br>(cmol(+)/Kg) | Mg<br>(cmol(+)/Kg) | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/Kg) | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>(mg/Kg) |
|---------------|---------------------|-------------|--|-----------------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---|---|
| Testemunha    | 7,62                | 6,62        | 322,4                                    | 460,0                       | 1,21        | 0,81               | 1,00              | 10,98              | 1,39               | 17,78                                     | 2,40                                      |
| Testemunha    | 7,20                | 6,91        | 294,8                                    | 192,0                       | 1,22        | 0,77               | 0,46              | 10,67              | 1,02               | 17,12                                     | 2,14                                      |
| Testemunha    | 7,51                | 7,05        | 278,2                                    | 125,0                       | 1,26        | 0,87               | 0,29              | 10,62              | 1,06               | 11,97                                     | 2,07                                      |
| Testemunha    | 7,84                | 6,93        | 946,4                                    | 206,0                       | 1,83        | 0,63               | 0,52              | 14,59              | 1,21               | 16,91                                     | 2,21                                      |
| <b>Média</b>  | <b>7,54</b>         | <b>6,88</b> | <b>460,45</b>                            | <b>245,75</b>               | <b>1,38</b> | <b>0,77</b>        | <b>0,57</b>       | <b>11,72</b>       | <b>1,17</b>        | <b>15,95</b>                              | <b>2,21</b>                               |
| Desvio Padrão | <b>0,27</b>         | <b>0,18</b> | <b>324,48</b>                            | <b>147,14</b>               | <b>0,30</b> | <b>0,10</b>        | <b>0,30</b>       | <b>1,92</b>        | <b>0,17</b>        | <b>2,68</b>                               | <b>0,14</b>                               |
| NPK           | 7,74                | 6,79        | 363,6                                    | 400,0                       | 1,97        | 0,72               | 0,97              | 10,60              | 1,35               | 16,73                                     | 2,36                                      |
| NPK           | 7,39                | 7,02        | 230,2                                    | 100,0                       | 1,16        | 1,10               | 0,32              | 11,81              | 0,99               | 10,25                                     | 2,19                                      |
| NPK           | 7,33                | 7,03        | 303,4                                    | 138,0                       | 1,40        | 0,87               | 0,34              | 10,68              | 1,07               | 13,99                                     | 2,08                                      |
| NPK           | 7,78                | 7,01        | 794,4                                    | 254,0                       | 1,76        | 1,10               | 0,59              | 13,44              | 1,17               | 12,75                                     | 2,20                                      |
| <b>Média</b>  | <b>7,56</b>         | <b>6,96</b> | <b>422,90</b>                            | <b>223,00</b>               | <b>1,57</b> | <b>0,95</b>        | <b>0,56</b>       | <b>11,63</b>       | <b>1,15</b>        | <b>13,43</b>                              | <b>2,21</b>                               |
| Desvio Padrão | <b>0,23</b>         | <b>0,12</b> | <b>253,60</b>                            | <b>134,96</b>               | <b>0,36</b> | <b>0,19</b>        | <b>0,30</b>       | <b>1,33</b>        | <b>0,16</b>        | <b>2,69</b>                               | <b>0,11</b>                               |
| NPK + PGA     | 7,62                | 6,66        | 332,2                                    | 316,0                       | 1,84        | 0,83               | 0,72              | 10,81              | 1,27               | 12,04                                     | 2,30                                      |
| NPK + PGA     | 7,62                | 7,06        | 303,6                                    | 168,0                       | 1,17        | 0,94               | 0,38              | 12,53              | 0,98               | 12,79                                     | 2,12                                      |
| NPK + PGA     | 7,59                | 6,98        | 223,8                                    | 118,0                       | 1,36        | 0,70               | 0,27              | 11,60              | 1,13               | 13,63                                     | 2,06                                      |
| NPK + PGA     | 7,86                | 7,04        | 761,2                                    | 192,0                       | 1,67        | 0,79               | 0,51              | 13,46              | 1,13               | 21,84                                     | 2,04                                      |
| <b>Média</b>  | <b>7,67</b>         | <b>6,94</b> | <b>405,20</b>                            | <b>198,50</b>               | <b>1,51</b> | <b>0,82</b>        | <b>0,47</b>       | <b>12,10</b>       | <b>1,13</b>        | <b>15,08</b>                              | <b>2,13</b>                               |
| Desvio Padrão | <b>0,13</b>         | <b>0,19</b> | <b>241,73</b>                            | <b>84,18</b>                | <b>0,30</b> | <b>0,10</b>        | <b>0,19</b>       | <b>1,15</b>        | <b>0,12</b>        | <b>4,56</b>                               | <b>0,12</b>                               |
| NPK + Algin   | 7,71                | 6,72        | 351,6                                    | 392,0                       | 1,93        | 0,89               | 0,93              | 10,62              | 1,32               | 17,38                                     | 2,49                                      |
| NPK + Algin   | 7,53                | 7,00        | 322,4                                    | 164,0                       | 1,17        | 0,69               | 0,39              | 12,66              | 0,97               | 15,11                                     | 2,18                                      |
| NPK + Algin   | 7,56                | 7,10        | 315,6                                    | 148,0                       | 1,52        | 0,80               | 0,38              | 12,07              | 1,17               | 13,53                                     | 2,09                                      |
| NPK + Algin   | 7,94                | 7,03        | 1345,0                                   | 171,0                       | 1,91        | 1,01               | 0,47              | 15,71              | 1,25               | 18,13                                     | 2,16                                      |
| <b>Média</b>  | <b>7,69</b>         | <b>6,96</b> | <b>583,65</b>                            | <b>218,75</b>               | <b>1,63</b> | <b>0,85</b>        | <b>0,54</b>       | <b>12,77</b>       | <b>1,18</b>        | <b>16,04</b>                              | <b>2,23</b>                               |
| Desvio Padrão | <b>0,19</b>         | <b>0,17</b> | <b>507,81</b>                            | <b>115,90</b>               | <b>0,36</b> | <b>0,14</b>        | <b>0,26</b>       | <b>2,14</b>        | <b>0,15</b>        | <b>2,10</b>                               | <b>0,18</b>                               |

Quadro 2 - Composição química do grão de ervilha (a 100 - 105 °C) por bloco e tratamento experimental

| Tratamento  | Nk<br>(g/kg) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g/kg) | Na<br>(g/kg) | K<br>(g/kg)  | Ca<br>(g/kg) | Mg<br>(g/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) |
|---|--------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Testemunha  | 46,08        | 7,99                                    | 0,37         | 18,44        | 2,20         | 2,17         | 163,1         | 7,8           | 42,8          | 10,0          |
| Testemunha  | 44,02        | 7,15                                    | 0,20         | 16,67        | 2,12         | 1,96         | 166,2         | 6,1           | 41,2          | 10,0          |
| Testemunha  | 46,11        | 7,04                                    | 0,22         | 17,05        | 2,39         | 1,98         | 106,8         | 5,5           | 38,4          | 8,2           |
| Testemunha  | 43,76        | 7,30                                    | 0,19         | 16,78        | 1,87         | 1,89         | 146,0         | 6,3           | 37,2          | 8,4           |
| <b>Média</b>  | <b>44,99</b> | <b>7,37</b>                             | <b>0,25</b>  | <b>17,23</b> | <b>2,15</b>  | <b>2,00</b>  | <b>145,53</b> | <b>6,43</b>   | <b>39,89</b>  | <b>9,16</b>   |
| Desvio Padrão                                       | <b>1,28</b>  | <b>0,43</b>                             | <b>0,09</b>  | <b>0,82</b>  | <b>0,21</b>  | <b>0,12</b>  | <b>27,32</b>  | <b>0,97</b>   | <b>2,56</b>   | <b>0,99</b>   |
| NPK   | 47,71        | 7,50                                    | 0,20         | 18,27        | 2,06         | 2,04         | 145,7         | 7,5           | 41,1          | 9,2           |
| NPK   | 44,36        | 6,79                                    | 0,22         | 17,52        | 2,25         | 2,09         | 103,2         | 4,9           | 42,3          | 7,3           |
| NPK   | 42,53        | 7,34                                    | 0,18         | 17,49        | 2,10         | 2,00         | 229,4         | 6,2           | 38,8          | 10,3          |
| NPK   | 43,87        | 6,92                                    | 0,19         | 16,10        | 2,07         | 1,86         | 107,3         | 4,1           | 32,6          | 8,3           |
| <b>Média</b>  | <b>44,62</b> | <b>7,14</b>                             | <b>0,20</b>  | <b>17,35</b> | <b>2,12</b>  | <b>2,00</b>  | <b>146,41</b> | <b>5,69</b>   | <b>38,68</b>  | <b>8,78</b>   |
| Desvio Padrão                                       | <b>2,20</b>  | <b>0,34</b>                             | <b>0,02</b>  | <b>0,91</b>  | <b>0,09</b>  | <b>0,10</b>  | <b>58,51</b>  | <b>1,48</b>   | <b>4,32</b>   | <b>1,27</b>   |
| NPK + PGA   | 48,16        | 8,09                                    | 0,43         | 18,11        | 3,28         | 2,26         | 191,6         | 4,1           | 50,5          | 8,9           |
| NPK + PGA   | 44,79        | 7,19                                    | 0,18         | 17,73        | 2,04         | 2,01         | 89,5          | 7,1           | 43,2          | 8,7           |
| NPK + PGA   | 42,88        | 6,89                                    | 0,17         | 16,55        | 1,89         | 1,82         | 123,6         | 5,5           | 40,9          | 9,4           |
| NPK + PGA   | 44,93        | 7,34                                    | 0,18         | 17,10        | 1,80         | 1,84         | 113,2         | 5,8           | 37,0          | 7,9           |
| <b>Média</b>  | <b>45,19</b> | <b>7,38</b>                             | <b>0,24</b>  | <b>17,37</b> | <b>2,25</b>  | <b>1,98</b>  | <b>129,48</b> | <b>5,66</b>   | <b>42,89</b>  | <b>8,74</b>   |
| Desvio Padrão                                       | <b>2,19</b>  | <b>0,51</b>                             | <b>0,13</b>  | <b>0,69</b>  | <b>0,69</b>  | <b>0,20</b>  | <b>43,83</b>  | <b>1,24</b>   | <b>5,66</b>   | <b>0,61</b>   |
| NPK + Algin   | 44,68        | 7,37                                    | 0,30         | 17,73        | 2,38         | 2,07         | 135,7         | 7,6           | 42,4          | 8,4           |
| NPK + Algin   | 43,07        | 6,42                                    | 0,21         | 15,10        | 1,81         | 1,80         | 103,8         | 4,8           | 37,8          | 8,6           |
| NPK + Algin   | 43,02        | 7,29                                    | 0,18         | 16,72        | 1,89         | 1,85         | 144,9         | 5,2           | 38,3          | 9,7           |
| NPK + Algin   | 43,55        | 7,13                                    | 0,24         | 16,79        | 2,25         | 1,97         | 178,4         | 4,4           | 36,0          | 9,3           |
| <b>Média</b>  | <b>43,58</b> | <b>7,05</b>                             | <b>0,23</b>  | <b>16,59</b> | <b>2,08</b>  | <b>1,92</b>  | <b>140,69</b> | <b>5,48</b>   | <b>38,64</b>  | <b>9,02</b>   |
| Desvio Padrão                                       | <b>0,77</b>  | <b>0,44</b>                             | <b>0,05</b>  | <b>1,09</b>  | <b>0,28</b>  | <b>0,12</b>  | <b>30,67</b>  | <b>1,43</b>   | <b>2,68</b>   | <b>0,62</b>   |
| * Resultados expressos relativamente à matéria seca |              |   |              |              |              |              |               |               |               |               |

## **Anexo 6**

Análise estatística dos dados experimentais

Quadro 1 - Análise de variância relativamente aos dados experimentais da produção comercial de cada tratamento por talhão e bloco (kg/6m<sup>2</sup>)

| <i>Tratamento</i> | <i>Bloco 1</i> | <i>Bloco 2</i> | <i>Bloco 3</i> | <i>Bloco 4</i> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Testemunha        | 5,04           | 2,38           | 3,48           | 5,06           |
| NPK               | 2,44           | 3,78           | 3,39           | 6,22           |
| NPK + PGA         | 4,61           | 2,78           | 4,21           | 3,60           |
| NPK + Algin       | 3,34           | 3,87           | 3,97           | 6,16           |

Quadro 2 - Análise de variância (ANOVA: dois factores com replicação) relativamente aos dados experimentais da produção

| <i>Sumário</i> | <i>N.º Obs.</i> | <i>Somatório</i> | <i>Média</i> | <i>Variância</i> | <i>Desvio Padrão</i> |
|----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------------------|
| Testemunha     | 4               | 15,96            | 3,99         | 1,69987          | 1,30379              |
| NPK            | 4               | 15,83            | 3,96         | 2,59176          | 1,60989              |
| NPK + PGA      | 4               | 15,20            | 3,80         | 0,63487          | 0,79679              |
| NPK + Algin    | 4               | 17,34            | 4,34         | 1,55670          | 1,24768              |
| Bloco 1        | 4               | 15,43            | 3,86         | 1,41389          | 1,18907              |
| Bloco 2        | 4               | 12,81            | 3,20         | 0,54469          | 0,73803              |
| Bloco 3        | 4               | 15,05            | 3,76         | 0,15396          | 0,39238              |
| Bloco 4        | 4               | 21,04            | 5,26         | 1,50907          | 1,22844              |

Quadro 3 - Análise de variância (ANOVA: origem da variação) relativamente aos dados experimentais da produção

| <i>Origem da Variação</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Tratamentos               | 0,60972   | 3         | 0,20324   | 0,17837  | 0,90839        | 3,86254       |
| Blocos                    | 9,19447   | 3         | 3,06482   | 2,68972  | 0,10922        | 3,86254       |
| Erro                      | 10,25511  | 9         | 1,13946   |          |                |               |
| Total                     | 20,05929  | 15        |           |          |                |               |

Quadro 4 - Análise de variância relativamente aos dados experimentais do grau tenderométrico de cada tratamento por talhão e bloco (psi)

| <i>Tratamento</i> | <i>Bloco 1</i> | <i>Bloco 2</i> | <i>Bloco 3</i> | <i>Bloco 4</i> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Testemunha        | 107            | 140            | 156            | 145            |
| NPK               | 114            | 125            | 157            | 141            |
| NPK + PGA         | 109            | 136            | 145            | 138            |
| NPK + Algin       | 120            | 129            | 150            | 155            |

Quadro 5 - Análise de variância (ANOVA: dois factores com replicação) relativamente aos dados experimentais do grau tenderométrico

| <i>Sumário</i> | <i>N.º Obs.</i> | <i>Somatório</i> | <i>Média</i> | <i>Variância</i> | <i>Desvio Padrão</i> |
|----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------------------|
| Testemunha     | 4               | 548,00           | 137,00       | 444,66667        | 21,08712             |
| NPK            | 4               | 537,00           | 134,25       | 352,91667        | 18,78608             |
| NPK + PGA      | 4               | 528,00           | 132,00       | 250,00000        | 15,81139             |
| NPK + Algin    | 4               | 554,00           | 138,50       | 279,00000        | 16,70329             |
| Bloco 1        | 4               | 450,00           | 112,50       | 33,66667         | 5,80230              |
| Bloco 2        | 4               | 530,00           | 132,50       | 45,66667         | 6,75771              |
| Bloco 3        | 4               | 608,00           | 152,00       | 31,33333         | 5,59762              |
| Bloco 4        | 4               | 579,00           | 144,75       | 54,91667         | 7,41058              |

Quadro 6 - Análise de variância (ANOVA: origem da variação) relativamente aos dados experimentais do grau tenderométrico

| <i>Origem da Variação</i> | <i>SS</i>  | <i>df</i> | <i>MS</i>  | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|---------------------------|------------|-----------|------------|----------|----------------|---------------|
| Tratamentos               | 100,18750  | 3         | 33,39583   | 0,75792  | 0,54529        | 3,86254       |
| Blocos                    | 3583,18750 | 3         | 1194,39583 | 27,10686 | 0,00008        | 3,86254       |
| Erro                      | 396,56250  | 9         | 44,06250   |          |                |               |
| Total                     | 4079,93750 | 15        |            |          |                |               |

Quadro 7 - Análise de variância relativamente aos dados experimentais da % dos sólidos insolúveis no álcool (AIS) de cada tratamento por talhão e bloco

| <i>Tratamento</i> | <i>Bloco 1</i> | <i>Bloco 2</i> | <i>Bloco 3</i> | <i>Bloco 4</i> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Testemunha        | 13,95          | 16,60          | 17,60          | 16,95          |
| NPK               | 14,55          | 15,65          | 19,10          | 16,55          |
| NPK + PGA         | 14,20          | 16,20          | 17,05          | 16,05          |
| NPK + Algin       | 15,10          | 15,75          | 17,70          | 17,40          |

Quadro 8 - Análise de variância (ANOVA: dois factores com replicação) relativamente aos dados experimentais da % dos sólidos insolúveis no álcool (AIS)

| <i>Sumário</i> | <i>N.º Obs.</i> | <i>Somatório</i> | <i>Média</i> | <i>Variância</i> | <i>Desvio Padrão</i> |
|----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------------------|
| Testemunha     | 4               | 65,10            | 16,28        | 2,57417          | 1,60442              |
| NPK            | 4               | 65,85            | 16,46        | 3,76062          | 1,93923              |
| NPK + PGA      | 4               | 63,50            | 15,88        | 1,44083          | 1,20035              |
| NPK + Algin    | 4               | 65,95            | 16,49        | 1,59063          | 1,26120              |
| Bloco 1        | 4               | 57,80            | 14,45        | 0,24833          | 0,49833              |
| Bloco 2        | 4               | 64,20            | 16,05        | 0,19167          | 0,43780              |
| Bloco 3        | 4               | 71,45            | 17,86        | 0,76229          | 0,87309              |
| Bloco 4        | 4               | 66,95            | 16,74        | 0,33063          | 0,57500              |

Quadro 9 - Análise de variância (ANOVA: origem da variação) relativamente aos dados experimentais da % dos sólidos insolúveis no álcool (AIS)

| <i>Origem da Variação</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-value</i> | <i>F crit</i> |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Tratamentos               | 0,96125   | 3         | 0,32042   | 0,79278  | 0,52798        | 3,86254       |
| Blocos                    | 24,46125  | 3         | 8,15375   | 20,17423 | 0,00025        | 3,86254       |
| Erro                      | 3,63750   | 9         | 0,40417   |          |                |               |
| Total                     | 29,06000  | 15        |           |          |                |               |



## **Anexo 7**

Especificação do adubo composto NPK 7-18-27



| ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTO      | Cod.: EP – 426<br>Edição: 1<br>Data: Janeiro / 2011<br>Pág.: 1 / 1 |
|-------------------------------|--|
| ADUBO COMPOSTO NPK<br>7-18-27 |  |

|   |          |
|---|----------|
| 1 - Designação Comercial:<br>FOSKAMÔNIO 7-18-27 | ADUBO CE |
|---|----------|

|  |
|--|
| 2 - Apresentação:  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulado</li> <li>• Granel</li> <li>• Ensacado em: - sacos de polietileno e polipropileno – 25 e 50 Kg<br/>- Big-Bags</li> </ul> |

| 3 – Composição Química / Propriedades Físicas:   |         |             |
|--|---------|-------------|
|  | Nominal | Máx. / Mín. |
| Azoto Total (N, %) *   | 7       | 5.9 (Mín.)  |
| Azoto Nítrico (N, %)   | 1.5     | 1.0 (Mín.)  |
| Azoto Amoniacal (N, %)   | 5.5     | 4.8 (Mín.)  |
| Pentóxido de Fósforo Solúvel em Água<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %)                              | 14      | 12.2 (Mín.) |
| Pentóxido de Fósforo Solúvel em Citrato de<br>Amónio Neutro e Água (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %) * | 18      | 16.9 (Mín.) |
| Óxido de Potássio Solúvel em Água (K <sub>2</sub> O, %) *  | 27      | 25.9 (Mín.) |
| (*) Soma das Unidades Fertilizantes (%)  | 51      | 49.1 (Mín.) |

|  |                    |                            |
|--|--------------------|----------------------------|
| DEPARTAMENTO DA QUALIDADE,<br>AMBIENTE E SEGURANÇA | Elaborado:<br>DQSA | Aprovado:<br>ADMINISTRAÇÃO |
|--|--------------------|----------------------------|